中华口腔科学

CHINESE STOMATOLOGY

上卷

责任编辑 刘红霞
陈 懿
张学高
王 兵
封面设计 尹 岩

CHINESE STOMATOLOGY
CHINESE STOMATOLOGY

中华口腔科学

（上卷）

主　编　王翰章
副主编　王大章　李秉琦
　　　　周学东　赵云凤
　　　　罗颂椒

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

中华口腔科学(上、中、下卷)/王翰章主编. -北京:人民卫生出版社,2001

ISBN 7-117-04421-7

Ⅰ. 中… Ⅱ. 王… Ⅲ. 口腔科学—中国 Ⅳ. R78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 041447 号

中华口腔科学
(上、中、下卷)

◈ 主　　编:王翰章
◈ 出版发行:人民卫生出版社(中继线 67616688)
◈ 地　　址:(100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼
◈ 网　　址:http://www.pmph.com
◈ E-mail:pmph@pmph.com
◈ 印　　刷:北京人卫印刷厂
◈ 经　　销:新华书店
◈ 开　　本:880×1230　1/16
◈ 印　　张:278 印张
◈ 插　　页:18 页
◈ 字　　数:8055 千字
◈ 版　　次:2001 年 11 月第 1 版　2001 年 11 月第 1 版第 1 次印刷
◈ 印　　数:00 001—3 050
◈ 标准书号:ISBN 7-117-04421-7/R·4422
◈ 定　　价:(全套上、中、下三卷) 550.00 元

主编简介

STOMATOLOGY

CHINESE



王翰章

主编简介

STOMATOLOGY

CHINESE

王翰章 男，1919年5月生于北京。1949年毕业于华西协合大学，获博士学位。历任华西大学、四川医学院口腔颌面外科主任、口腔医学系系主任、口腔医院院长、口腔医学研究所副所长、四川医学院教务长、副院长、华西医科大学顾问、卫生部医学科学研究委员会口腔专题委员、高等医药院校教材编委会委员、国家自然科学基金委员会学科组评审员、中华医学会四川分会常委、口腔专业委员会主任委员，现任四川大学口腔颌面外科学教授、博士研究生导师、中华口腔医学会顾问、口腔颌面外科学专业委员会名誉顾问、《中国医学百科全书》编委会委员、《中华医学百科全书·口腔医学》主编、《中国口腔医学年鉴》编委会主任委员、《华西口腔医学杂志》名誉主编及有关7种专业杂志编委、特邀编委，国际牙医师学院会员(FICD)。作为中国口腔颌面外科学创建人之一，长期致力于口腔颌面外科学医疗、教学、科研工作，对颌面损伤与畸形整复外科学、颌骨血供动力学、皮肤组织血供、人工骨生物学基础、口腔医学信息学的研究做了突出工作。已发表论文70余篇，编写专著10部。曾获全国科学大会奖1项、省科技进步二等奖1项、省科技进步三等奖2项、部科技进步三等奖1项。在救治伤员中，曾荣立战功。获国务院颁发的“对医疗卫生事业作出突出贡献者”证书及国家教委颁发的“从事高校科技工作四十年成绩显著”荣誉证书。书画作品曾在全国大赛获奖。先后被收入《20世纪中国名人辞典》、《中国当代名人录》、《20世纪中国医学首创者大辞典》、《中国当代医界精英辞典》、《中国实用科技成果大辞典》、英国剑桥(IBC)《国际名人录澳洲及远东卷》第二版、美国名人学院(ABI)《世界5000名人录》第二版。曾被评为全国优秀教师、四川省跨世纪杰出老人，享受国务院颁发的政府特殊津贴。

副主编简介



王大章，男，1935年生于四川成都。1956年毕业于四川医学院口腔系本科。1982～1984年美国哈佛大学研修。日本齿科大学名誉博士。曾任华西医科大学副校长，口腔医学院及口腔医院院长。现任四川大学口腔颌面外科教授、博士研究生导师、口腔医学研究所所长，口腔颌面外科研究室主任，兼任国务院学位委员会学科评议组成员，中华口腔医学会副会长，口腔颌面外科专委会副主委，《华西口腔医学杂志》等二杂志主编，《中华口腔医学杂志》等二杂志副主编。主、参编专著13部，发表论文160余篇，获国家及省部级奖12项。卫生厅省突出贡献中青年专家，享受国务院特殊津贴。

李秉琦，男，1932年8月生于四川成都，1955年毕业于四川医学院口腔系本科。现任四川大学口腔内科教授、主任医师、博士研究生导师。兼任国务院学位委员会评议组召集人，卫生部口腔医学教材评审委员，中华口腔医学会口腔粘膜病专业委员会主任委员，卫生部规划教材《口腔粘膜病学》主编。长期从事口腔内科学教学及研究工作，是四川省首批学术及技术带头人。已发表学本论文60余篇，主编、主审学术专著及参考书18种。曾获全国卫生系统先进工作者。享受国务院特殊津贴。





周学东，女，1957年4月生于四川成都。1987年毕业于华西医科大学口腔医学院，同年获临床医学博士学位。随后赴丹麦奥尔胡斯皇家牙学院研修，1989年回国。现任四川大学华西口腔医学院院长、口腔医院院长、口腔内科学教授、博士研究生导师、卫生部口腔生物医学工程重点实验室学本委员会主任、中华口腔医学会常委、《中国口腔医学年鉴》主编《华西口腔医学杂志》副主编。已发表论文60余篇，先后主持、参加和完成了十项国家自然科学基金的研究课题及省基金课题，曾获第四届中国青年科技奖、四川省十大杰出青年荣誉称号、四川省有突出贡献中青年专家。享受国务院特殊津贴。

副主编简介



赵云凤，女，1932年11月生于河南新乡市。1955年毕业于四川医学院口腔系本科。现任四川大学口腔修复学教授、主任医师、博士研究生导师、中华口腔医学会修复学专业委员会常委。曾任华西医科大学口腔医学院副院长、口腔医学研究所所长、中华口腔医学会修复学组副组长。对口腔生物力学研究、口腔修复微生态学研究、修复体精度研究，做了突出贡献，曾率先引进修复体计算机辅助设计及制作(CAD/CAM)高新技术，使本学科跨入21世纪先进行列。主编专著2部，参编17部，发表论文110余篇。获国家级二等奖1项，省部级三等奖4项，市三等奖1项。享受国务院特殊津贴。

罗颂椒，女，1936年1月生于四川成都市。1956年毕业于四川医学院口腔系本科，1984年赴香港大学斐腊牙学院儿童牙医矫齿系研修现代正畸理论及诊治技术，长期从事口腔正畸专业的医、教、研工作。现任四川大学口腔正畸学教授、博士研究生导师、中华口腔医学会正畸专业委员会副主任。曾获部、省级科技进步奖6项，主编《当代实用口腔正畸技术与理论》、共同主编《牙颌面畸形的功能矫形》、合编《口腔活动矫治器》、《固定矫治器》、《口腔矫形技工学》及《口腔正畸学》高校统编教材，已发表论文60余篇。享受国务院特殊津贴。



编写委员会

CHINESE STOMATOLOGY

编写人员名单

STOMATOLOGY

CHINESE

主　编　王翰章

副主编　王大章　李秉琦　周学东　赵云凤　罗颂椒

秘　书　魏世成　薛玉萍

作　者　(以姓氏笔画为序)

丁　一	丁永敏	万乾炳	于海洋	于　端	马轩祥	马绪臣	卞金有
毛祖彝	牛忠英	王大章	王伟建	王华蓉	王邦康	王昌美	王松灵
王　虎	王　胜	王艳清	王　晓	王晓毅	王　涛	王鸿颖	王惠芸
王翰章	邓开鸿	乐进秋	付风华	冯希平	包柏成	卢　勇	台保军
史宗道	田卫东	白　丁	皮　昕	石文岚	石四箴	石　冰	边　专
乔　鞠	伍峥嵘	华咏梅	华成舸	刘子军	刘天佳	刘　正	刘松筠
刘宝林	刘福祥	刘　磊	刘曙光	孙广熙	朱智敏	江能训	何志丹
何志秀	吴兰雁	吴亚菲	吴丽萍	吴　波	吴景轮	宋宇峰	岑远坤
张　平	张长江	张永明	张安翔	张志君	张金麟	张祖燕	张振国
张　莉	张彩霞	张　敏	张　萍	张富强	张蕴惠	李万山	李小兵
李宁毅	李正芳	李龙江	李声伟	李　扬	李明哲	李项明	李秉琦
李唐新	李继遥	李　萍	李富明	李朝云	李满园	李德华	李德懿
李　蕾	杜传诗	杜昌连	杨红梅	杨　城	杨　湛	汪济广	肖忠革
肖茂春	肖晓蓉	邱蔚六	邹淑娟	沈贤华	陈丹鹏	陈亚多	陈　刚
陈扬熙	陈　江	陈建纲	陈治清	陈经由	陈思娅	陈　智	陈谦明
陈新民	陈慧美	周红梅	周志琦	周学东	周　征	周继祥	周曾同
孟家麟	岳松龄	易新竹	范　旭	林久祥	林　红	林国础	林　珠
林　梅	武云霞	罗　刚	罗宗莲	罗颂椒	郑广宁	郑光勇	郑　谦
金宜霖	侯铁舟	俞光岩	俞创奇	宫　苹	段玉贵	段海燕	胡北平
胡　民	胡国瑜	胡　波	胡　涛	胡银如	胡碧琼	胡　静	胡德渝
荣天林	费　伟	贺　周	赵云凤	赵元全	赵佛容	赵志河	赵铱民
赵信义	赵美英	赵　强	赵瑞芳	钟　莉	钟德钰	倪红梅	凌均棨
唐休发	唐高妍	夏　田	徐东选	徐平平	徐　屹	徐庆鸿	徐慧芬
殷春一	聂敏海	贯问炬	郭天文	郭　伟	高　宁	宿玉成	巢永烈
康　宏	梁俐芬	梁　星	梁新华	章锦才	章魁华	黄定明	黄隆庆
龚　红	傅民魁	程　刚	彭贵平	彭继跃	彭　彬	曾光明	曾　昕
曾祥龙	温玉明	焦岩涛	鲁　哲	鲁　喆	雷荀灌	雷成家	靳升荣
廖楚航	熊晓玲	管利民	管昌田	鲜书琴	樊明文	潘　剑	潘可风
黎　红	魏世成	魏建华					

序

《中华口腔科学》是一部跨世纪的学术专著，她的出版不仅是中国口腔医学发展史上的一件大事，也是以王翰章教授领衔的我国几代知名老中青专家智慧和心血的结晶。该书内容丰富详尽，不仅涵盖了口腔医学各个专业领域的知识，而且每章节的内容均是在系统总结了我国口腔医学工作者几十年积累的宝贵经验的基础上，融会贯通大量国外的最新成果和发展趋势撰写而成。该书在篇章结构的编排上也是匠心独运，一方面以口腔器官和疾病的发生发展为写作主线，会书浑然一体，读者易于循序渐进、会面章授口腔医学的现状；另一方面，各个章节间又相对独立，便于各个层次口腔专业人员知识的更新和补充。因此，这是一部集权威性、系统性、科学性、实用性和可读性为一体的高质量专著。苏格拉底曾说过："把时间花费在阅读他人的著述吧。你可藉他人辛苦得来的东西，轻易改善自己。"我认为在阅读这部著作时，应重视和理解这句名言。

过去，由于口腔医学在解剖、生理病理、疾病的诊疗手段等方面与大医学有着一定的区别，人们曾把口腔医学和大医学当威两门独立的学科。随着分于生物学、生物医学日新月异的发展，两者的区别越来越小，其内容更加交融，口腔医学无疑已成为大医学不可分割的重要组成部分。因此，口腔医学的发展将有利于生物医学模式向社会－心理－生物医学模式的变化，更有利于提高人类的口腔及身心健康。

口腔医学的起源，有史可考的年代是非常久远的。我国现代口腔医学经过几代人漫长而艰苦的跋涉，已逐步形成了一门生机勃勃、具有中国特色的独立学科，不仅能很好地服务于社会大众，解除患者的疾苦，而且其部分研究项目亦已跻身世界先进水平的行列，为整个口腔医学再上新台阶，全面登上国际学术交流舞台起到了良好的示范作用。

21 世纪已经到来，人类开始向最为深奥的生命科学进军。我坚信中国口腔医学工作者也将责无旁贷地担负起这一重任，此时本书的出版发行则更有意义，故乐以为序，并来贺忱。

朱希涛

2000 年 8 月 10 日

前　　言

在步入新千年之际，人民卫生出版社决定出版大型专著《中华口腔科学》，属于该社出版的“中华临床系列参考书”之一。旨在全面系统地介绍口腔医学的基础与专业理论，并介绍口腔医学的各种医疗技术、临床经验及国内外最新研究成果和进展。主要为口腔医学的医疗、教学、科研人员提供一部全面系统的有科学性、先进性、权威性、理论与实践兼备的专著。

本书聘请了我国海内外专家211人参与撰写。全书分上、中、下三卷，内容包括口腔医学专业基础理论与临床实践两大部介。上卷为基础理论部分，以各介支学科为篇，有18篇、141章；中、下卷为临床部分，以疾病介类与诊断技术为篇，有25篇，225章。全书共43篇，366章，约800余万字，图2800余幅。

书中内容取材以国内资料为主，辅以国外先进资料，力求共既具有中国特色，符合我国国情，又能与本学科的国际发展同步，反映出最近50年口腔医学的最新成就。力求结合作考的临床经验、科研成果、教学心得和在国外参观、考察的体会而编写。编写格式虽有统一要求，但备篇内容有所侧重，写作行文，备具特色。为了便于读者阅读，尽量保持各章节的系统性、完整性，故有的部介略有必要的重复。

本书作者在十分繁忙的日常工作情况下，抽出大量时间，不辞辛劳，倾注全部精力，夜以继日，为本书编写工作作出巨大的努力，使这部巨著在不长的两年时间里即脱稿，并完成了出版准备工作。在组编、撰稿、审定、出版等方面都得到了人民卫生出版社领导和编辑们的指导和帮助，并得到了四川大学华两口腔医学院的大力文特，特此一并表示衷心感谢。

编著如此大型专著，工作十介艰巨，由于经验和能力实在有限，其中不足与缺点甚至错误之处在所难免，希望读者勿吝指正，谨致谢意。

王翰章

2000年7月于成都

中华口腔科学

吴阶平题



目　录

STOMATOLOGY
CHINESE

上　卷

第三篇 口腔组织胚胎学/主编 贾问炬 (101) 

第四篇 口腔颌面颌部应用解剖/主编 皮昕 刘松筠 (149)

第六篇 口腔病理学/主编 周志瑜 (307)

第七篇 口腔微生物学/主编 刘正 (407)

第八篇 口腔生态学/主编 周学东 （467）



第十一篇 口腔分子生物学/主编 陈谦明 (641)

第十二篇 口腔生物力学/主编 赵云凤 (725)

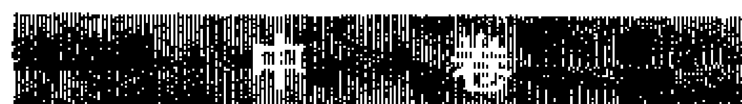
第十三篇 口腔医学美学/主编 陈扬熙 (845)

第十四篇 口腔材料学/主编 陈治清 (935)

第十五篇 口腔药物学/主编 曾光明 (1063)

第十六篇 口腔设备学/主编 张志君 (1159)

第十七篇 口腔颌面检查诊断/主编 雷荀灌 (1251)


中 卷

第十二篇

CHINESE STOMATOLOGY

口腔生物力学

主编　赵云凤

作者　李明哲　李满园　陈新民　赵云凤
　　　赵志河　宫　苹　易新竹　康　宏

第一章　绪　　论

第一节　生物力学的发展

生物力学是力学与生理学、医学等学科相互渗透而形成的边缘学科。它应用经典力学、固体力学、流体力学的知识来解释生物的某些现象。用力学方法定量地分析研究生物系统的形态结构与功能之间的关系。

一、生物力学的发展

生物力学很早就受到科学家的注意。早在1615年Harvey发现了血液循环，当时是个“理论”的结论。实际上，微血管直到1661年由Malpighi发现，是他在解剖青蛙肺的时候，看到了微血管的存在及其中的血流。

著名的物理学家伽利略，找到了钟的摆长与周期的定量关系，并用摆来测定人的心率，用与心搏合拍的摆长来表心率。

意大利的数学家和天文家Borelli（1608—1679），在其著作“论动物的运动”（1680）中，阐明了肌肉的运动和动物自身的运动问题。并研究了鱼的呼吸与水中空气的关系，还讨论了鸟飞、鱼游、心脏和肠的运动。

Young是一位英国医生，当他看到三棱镜分日光为彩色光谱时，他创造了光的波动理论，同时还建立了声带发音的弹性力学理论。杨氏模量（即弹性模量）就是由此而提出的。

Von Helmholtz是Königsberg大学的生理和病理学教授、Bonn大学的解剖和生理学教授、Heidelberg大学的生理学教授，最后在柏林大学（1871）是物理学教授。他发现了眼的聚焦原理，并继Young之后写出了彩色视觉的三色理论，也发明了晶状体镜来研究眼球内晶状体的变化，发明了眼底镜来观察视网膜；他研究了听觉的原理，发明了Helmholtz共振仪。他的涡量守恒定理是流体力学的基础。他在光学、声学、热力学、电动力学、生理学和医学上都作出了重大贡献，堪称“生物工程之父”。

自从1960年美国召开第一届仿生学讨论会以来，生物力学引起了人们的广泛注意和研究。美国、日本、前苏联、澳大利亚、加拿大等国，均建立了专门的研究机构，经常召开国际会议，十分活跃。

我国的生物力学研究开始较晚，但发展速度很快。1978年全国力学规划会议将生物力学作为力学的一个分支列入规划之中。1979年11月在重庆召开全国高等学校生物力学座谈会；1980年11月在北京召开我国第一届生物医学工程会议，生物力学引起了与会者的重视；1981年在上海举行全国第一届生物力学会议，研究工作的广度和深度均有显著提高。1983年在武汉召开了国际生物力学会议，通过交流对我国生物力学的发展起到很大的促进作用。

全国性的生物医学工程学术会及生物力学会议经常定期召开，交流信息，明确了发展方向，促进了生物力学学科的发展。

二、口腔生物力学的发展

口腔生物力学是应用力学的原理方法和工程技术研究口腔颌面部生理、病理及矫治修复变化运动规律的学科。口腔生物力学的内容非常丰富和广泛。口腔生物力学受到学者们的关注，从各方面得到迅速的发展。

（一）牙颌、关节组织结构力学性质的研究

早在1880年，Messerer采用液压装置研究人体下颌骨整骨的极限强度，结果说明其强度与年龄、性别有关。Black（1895）测量牙本质强度为257MPa。弹性模量为6GPa。盐田重利（1959）曾用弯曲试验测试下颌骨皮质骨弹性模量，新鲜骨为11.34GPa。Tyldesley用四点弯曲法获得牙本质的比例极限为66.19MPa，强度为266MPa，弹性模量为12.3GPa。1952年Peyton通过实验研究牙本质小管方向与弹性性质的关系，证明牙本质是各向异性材料。此观点为Rasmussen（1976，1984）牙

本质的断裂力学研究所支持。

Graig，Peyton（1960）等测定人牙釉质压缩弹性模量是 84.199GPa。Rech，Brendan（1967）测人牙釉质泊松比为 0.3。1973 年 Thresher 等采用二维有限元法研究上颌中切牙受侧向力时的应力分布，结果绘出了不同截面的应力传递图。1975 年 Renson 用剪切法测定牙本质剪切模量为 6.19GPa，并测出前牙、后牙冠根牙本质的泊松比为 0.025～0.26。

1976 年，Yettram 分析外力作用对下颌第二双尖牙牙体内的应力状况，认为牙釉质的应力大于牙本质，在釉牙本质界和釉牙骨质界处的牙釉质有较高的应力。牙体的沟裂处有高的拉应力。Craig（1978）等用应力应变图法测试下颌骨弹性模量为 13.8GPa。

Takahashi（1980）等分析不同载荷作用下牙周膜的受力反应，发现牙齿颈部牙周膜应力最大，根尖次之，根尖 1/3 处最小。Standlee，Caputo 等（1981）用三维光弹实验应力分析法研究在各种𬌗力作用时，下颌髁状突的应力分布情况。Carter（1983）报道根管治疗后的牙，牙本质剪切强度和韧性低于活髓牙，说明根管治疗影响牙齿的强度。1984 年 Reinhrdt 将牙槽嵴顶距釉牙骨质界 2、4、6、8mm，考察牙槽骨高度变化对牙周支持组织的应力影响，发现当牙槽骨减少 60% 时，牙周膜应力增大 2.85 倍。1984 年周书敏发现牙槽骨高度减少 1/3 时，牙周支持组织应力明显增大。吴瑞琪、赵云凤及叶德临等（1986）用激光散斑法和电测法测定中国人牙本质弹性模量为 19.613GPa，刘寒冰（1987）对下颌骨结构作有限元分析，表明主应力线与下颌骨骨小梁排列方向一致。1988 年 Tanne，Farah 对颅颌系统及牙列完整的下颌骨作有限元分析，提出加载条件是影响应力分布的重要因素。1989 年陈新民、赵云凤用弯曲试验测试下颌新鲜骨，其弹性模量为 12.29GPa。1990 年叶德临、赵云凤及杜传诗测中国人牙釉质拉伸弹性模量为 2.3717×10^4MPa，泊松比为 0.246。

（二）冠、桥应力的研究

1955 年 Mahler 考虑到修复体的设计受牙齿形态结构的限制，为防止牙体内部应力使修复体（嵌体、部分冠）失败，而进行牙冠应力分布的研究，为修复体的设计提供依据。1967 年 Craig 用光弹性方法研究全冠修复体表面应力的分布，提出当制备体将牙尖制成圆形时，可避免制备的牙齿产生大的压应力，说明尖锐的部位是应力集中的区域。1965 年 Craig 用脆漆法研究固定义齿的表面应变情况，提出应力大小及应力方向均与外力的作用部位、力的大小，以及桥体本身的长度和跨度有关。

EL-Ebrashi 1970 年用二维光弹法比较三种不同设计的固定义齿，当双端固定义齿承受多点载荷时，拉应力和压应力区域交替出现，固定义齿的连接体处显示出高的拉应力和剪切应力，单端固定义齿则连接体处的应力更加明显。说明固定义齿的连接体处是应力集中的区域。Farah（1974）用二维有限元法对全冠修复体不同制备的颈缘形态进行应力研究，结果显示凹面形（chamfer form）的颈缘形态，颈部应力分布较均匀。

Fisher（1975）对嵌体和高嵌体制备的牙体，进行光弹应力分析。实验结果指出高嵌体因覆盖着整个制备体的咬合面，其应力最小，从而对基牙有保护作用。Hood（1975）用二维光弹性方法研究改良卫生固定义齿桥体表面应力，发现增厚的连接体处的剪切应力明显降低。1978 年 Takahashi 采用有限元法对下颌固定义齿应力分布进行研究，发现垂直载荷时，固定义齿受载后有下沉趋势，双尖牙基牙的应力值比磨牙基牙高。

1984 年花村典之用光弹性实验方法研究桩冠的应力。实验结果表明在桩冠的颈部和根尖区应力较集中，此处易于折断。1986 年尹亚梅等用二维有限元法对下颌第一磨牙缺失的固定义齿受载的应力分析，提出修复后双尖牙基牙的应力有所增加，磨牙基牙的应力分布均匀，而固定义齿连接体处的应力集中。1989 年赵云凤等用有限元法对下颌第一磨牙缺失的固定义齿进行七种加载方式的定量应力分析，包括垂直向和斜向加载。结果指出垂直向或斜向加载，双尖牙基牙的牙周组织的应力均较磨牙基牙的牙周组织应力大。

1991 年唐亮、赵云凤采用三维有限元法分析固定义齿基牙牙周膜及桥体下粘膜和牙槽骨的应力，结果表明固定义齿受水平向加载时，牙周膜的应力值为垂直向加载的 4 倍；应力集中在牙齿的颈部，磨牙牙周膜应力为双尖牙的 1/3～1/2，应力分布均匀，故磨牙是理想的固定义齿基牙。同时发现加载方向不仅可改变应力值的大小，而且还可以

改变应力的分布规律。当固定义齿桥体受垂直向载荷时，桥体下粘膜产生压应力；水平向加载时，则产生拉应力和压应力。1992年，朱智敏用三维有限元法对下颌第二磨牙缺失的单端固定义齿作应力分析，提出这种单端固定义齿修复是可行的，但必须增加桥基牙。

1996年程碧焕、赵云凤对铸造陶瓷全冠作三维有限元分析，结果显示陶瓷全冠的厚度不同，产生的应力值不同，当船面厚度为1.0mm时全冠的张应力高于船面1.5mm、2.0mm厚的全冠。说明陶瓷全冠应至少有1.5mm厚的船面。1997年，赵云凤研究了载荷方向对铸造陶瓷冠应力分布的影响，结果表明垂直加载时，全冠主要产生压应力，船龈向最大压应力值为63.05MPa，且应力分布均匀，无应力集中现象；水平向加载时，全冠产生张应力和压应力集中，剪切应力值较高，颊舌向为29.47MPa，张应力集中将导致全冠的折裂和破坏。故建议陶瓷全冠应进行合理的修复设计，并消除侧向外力对全冠产生的张应力和剪应力。

1997年，唐高妍、文志红、巢永烈研究了核桩冠牙本质的应力分布，结果表明，桩及桩的材料与牙本质的应力分布有一定关系，高弹性模量的桩，可改变天然牙原来固有的应力分布规律，可降低牙本质的应力峰值。

（三）可摘局部义齿和全口义齿应力的研究

Thompson（1977）对远中游离端义齿设计4种直接固位体，近中船支托和远中船支托，以及各种卡环，用光弹实验作应力分析。实验结果指出近中船支托，颊侧Ⅰ杆卡、弯制卡环，舌侧铸造臂固位体，可以更好的分散船力，并保护基牙，是较为理想的修复设计。远中船支托虽可直接传递船力到基牙上，但可使基牙牙冠向远中移位，牙根向近中移位。1985年江文骏等采用电测法分析游离端义齿，实验结果与上述结果相近似。

1988年周敬行等采用三维有限元对上颌全口义齿基托折裂原因进行分析，发现拉应力集中在前牙区，压应力集中在腭顶部。1989年张少锋对上颌全口义齿及其支持组织进行三维有限元分析，发现义齿船力以压应力形式传递至颌骨，最大压应力集中在牙槽嵴顶上。1990年黄琼等用三维光弹性方法分析全口义齿（上颌、下颌）受力情况。1992年杨永丰等采用三维有限元法分析下颌全口义齿及其支持组织的应力分布。

1992年王雅北等用有限元法对船支托凹底斜度进行研究，发现下颌第二双尖牙的船支托凹底斜度为10°左右，下颌第二磨牙船支托凹底斜度在20°左右。

1998年张斌、肖茂春对离体人下颌骨双侧后牙游离缺失的模型、设计五种不同卡环的可摘局部义齿，采用全息干涉计量法研究基牙及鞍基的位移。结果显示设计近中船支托卡环，鞍基的位移量最小，而基牙的位移量也小于远中船支托卡环的义齿。

1998年李满圆、肖茂春等对离体人下颌骨双侧后牙游离缺失模型，设计RPA卡环，RPI卡环、铸造三臂卡环，弯制卡环等，采用全息干涉计量法研究固位体对基牙牙槽骨的作用。结果指出牙槽骨的位移量以RPI卡环最小，其位移分布均匀。故提出临床上设计可摘局部义齿时，多采用RPI卡环，慎用RPA卡环。

（四）牙颌畸形矫治的力学研究

Takahashi等（1980）采用二维有限元法分析不同载荷下上颌中切牙、下颌第二双尖牙和下颌第一磨牙的反应，研究了牙的挠曲变形、旋转中心、牙周膜的应力分布、牙的旋转力矩，以及牙周膜的支持力等。结果显示：轴向（垂直向）加载对牙齿最有利，水平加载在牙周膜中产生的应力最大，并提出加载角度对多根牙的影响比单根牙小，牙阻力中心在根中1/3和根尖1/3交界处，且阻力中心在单根牙为一个点，而在多根牙为一个面。

1983年，Tanne等首先用三维有限元法分析了在不同正畸力的作用下，牙周组织的初期反应阶段的应力分布。1984年Williams用二维有限元法计算上颌中切牙瞬时转动中心的位置，发现当牙周膜泊松比在0～0.45的范围内变化时，转动中心的位置对其变化不敏感。并指出转动中心的位置与载荷大小无关，而与载荷作用的部位有关，当载荷向牙颈部移动时，转动中心向根尖方向移动。

日本学者宫坂等（1986）建立了颅面复合体的三维有限元计算模型，这个模型是世界上建立的最早的有限元模型。

Dermant（1986）采用激光全息干涉计量技术研究，发现在骨缝处应力条纹出现中断现象。张桂花等（1987）用激光全息干涉计量技术研究腭中缝

扩大牙弓的力学问题，发现骨缝两侧位移骤减，且位移的方向发生改变。

1988年Tanne用日本学者建立的颅面复合体有限元模型，研究分析后牵引矫治力在颅面复合体的力学效应。结果提示当加载1kg时，鼻上颌复合体向后向下移动，呈顺时针方向旋转，应力主要集中在鼻上颌复合体。

1992年赵志河、周秀坤、赵美英对矫治力在鼻上颌复合体内部产生的位移和应力的三维有限元分析，结果指出上颌牙弓的阻力中心在上颌正中矢状平面上，前后位置在第二双尖牙；上颌复合体的阻力中心，在正中矢状平面上，位于第二双尖牙和第一磨牙之间。

1997年周学军、罗颂椒、赵美英采用三维各向异性有限元分析人体下颌骨的矫治情况，结果指出，颏兜后牵引难以抑制下颌骨的生长，而前伸下颌从力学原理上可以刺激髁状突的生长改建。

第二节 生物力学的研究内容

生物力学是研究人和动物身体各部分的运动；血液、体液和气体流动的力学，以及与之相联系的控制器官的力学功能；内力和外力对于运动或静止状态的人体和动物的影响；生物材料的力学性能等。作为生物力学，其基础内容为大量的基本研究。具体说就是应用力学的概念、理论、方法了解和确定生物组织和器官的力学性质和作用规律。结合力学和医学、生物学方法，研究生物体的力学特性与功能特性之间的联系，研究生物体的力学表现的生理、病理效应，建立诊断、治疗、修复、矫治、护理等方面的生物力学原理、方法、装置、评价和优化等方面的系统知识，这是生物力学的核心部分。而生物力学的主要目的在于建立生理功能的力学基础。

生物力学的研究，是从生物体材料力学性能的研究，发展到对人工材料的研究，从对生物体结构在受力和运动时的作用方式和规律的研究，发展到在有关的工程技术中的模拟和应用问题的研究。我们现在研究的生物系统是经历了千万年的演化，优选发展起来的。例如，对人骨骼的许多研究表明，骨是多相性的，非均质性的、各向异性的、多孔性的一种材料。骨的应力-应变关系是非线性的、粘弹性的。即骨的载荷与变形之间有着非线性的关系，且与时间有关。

一、生物固体力学

生物固体力学主要是研究人体的牙齿、骨骼、关节、脊柱和软骨的力学性能。人工关节和人工牙的设计，各种颌骨和牙齿缺损、缺失修复体和牙颌畸形矫治器的设计，以及人工牙、支持牙（基牙）的生理功能的力学效应，就是应用生物固体力学原理，根据人体各部位在不同状态时的受力情况进行研究分析的。

还可利用固体力学原理研究正常人体各组织器官的力学性能。例如牙齿、颌骨、关节的形态及其与功能的关系，人们日常咀嚼食物时，咬合力的传递方式、殆力的分布等。

当研究骨的力学性质时，必须指明研究骨的哪一部分。因各部分骨的结构不同，有密质骨和松质骨等。骨骼中重量的2/3，或体积的1/2以上为无机物，其主要成分是羟磷灰石，是极小的结晶体，其次是胶原纤维，羟磷灰石晶体是沿着胶原纤维长轴方向排列的。胶原纤维的排列，因骨的不同而有差异。通常以整齐的薄片层状出现，每层的纤维是彼此平行的，而与邻近层呈近似直角的交错排列。在松质骨中，纤维的排列是紊乱的。骨是复合材料，故具有优异的力学性能。羟磷灰石沿轴向的弹性模量的165GPa，与常用的金属材料钢（200GPa）相当。胶原纤维的切向模量为1.24GPa，而人的股骨弹性模量为18GPa（拉伸时），此参数位于羟磷灰石与胶原纤维之间，但骨的力学性能均优于二者，具有良好的硬度和韧性。因此可以说骨的形状、结构与功能有密切关系。Roux（1985）阐明了功能适应性原理，证实一个器官对其功能的适应性是由实践进化而来的，提出自然进化的趋向是用最小的结构材料来承受最大的外力。

二、生物流体力学

生物流体力学主要是研究人体的呼吸系统和循环系统等的力学性能。例如，医学上研究人体胆结石形成机制，就是利用流体力学原理。因胆汁进入胆囊时，是一种阵发性射流，在胆囊内产生旋涡运动，它的中心形成负压，所以，胆汁中的成石物质向心运动，聚积成结石核心。根据这一原理，结石的形成已在体外人工模拟成功。

在口腔领域内关于粘膜的微血循研究，口腔修复体戴入口内后，对粘膜微循环的影响等，已正在进行研究。

此外，血液、淋巴在人体内的流动、循环均属流体力学研究的内容，与之有关的生物流变学等也属其研究范围。

三、生物材料力学

生物材料力学包括高分子材料、无机非金属材料、金属材料、复合材料、梯度材料、生物活性材料等。这些材料主要用于制作各种人工脏器，又称人工器官。例如，用于制作人工牙、人工关节的金属材料有不锈钢、钛及钛合金、钴铬合金；非金属材料有氧化铝陶瓷、磷灰石陶瓷、云母陶瓷、碳、尼龙、复合树脂等。此外尚有高分子材料——聚甲基丙烯酸甲酯，亦是制作人工牙最常用的材料，且用量较大。用于人工肾透析器的合成高分子材料有赛璐玢、聚甲基丙烯酸甲酯、聚砜、铜仿、粘胶纤维等。用于人工心脏瓣膜的生物组织材料有牛心包和猪心瓣等。生物医学材料的研究内容甚多，随着科学技术的发展，新的生物材料将层出不穷，造福人类。

四、断 裂 力 学

断裂力学是研究含裂纹型缺陷的材料和结构的强度及裂纹扩展规律的学科。它是固体力学中的一个分支。由于断裂力学研究材料中裂纹扩展的规律，因而与强度理论有密切的联系，故又是具有基础理论性质的学科。断裂力学的研究与材料科学、能源发展有密切关系，已广泛地应用于航空和宇航、核能工程、机械制造、造船等工程部门。近年来更渗透到生物医学工程、地震和工程地质等方面。

断裂是从裂纹源处扩展到全断面而造成的。有些断裂是当构件经过长期在交变应力下运行形成了疲劳裂纹之后发生的，这时，疲劳裂纹就是最后断裂的裂纹源。

也有些构件由于热加工或冷加工过程中形成裂纹，这种裂纹就成为构件在第一次加载时发生裂纹的裂纹源。由此，可见构件或结构物中初始存在着的裂纹、在条件适合情况下，有可能迅速扩展而造成整个构件或结构物的断裂。

在口腔修复的临床工作中，常见有塑料基托的断裂，全瓷修复体的瓷裂，甚至于还常见天然牙的断裂，隐裂，所以口腔医学领域中的断裂力学内容还很丰富，关键是如何将断裂力学原理与临床工作中所遇到的问题联系起来，加以研究，从而设法加以预防和克服。

五、生物动力学

讨论力和运动关系的力学，称为动力学（dynamics）。研究生物体力和运动关系的力学称为生物动力学。

生物动力学是研究人体由于力的作用而产生的位移、位移的速度和加速度。例如，人的牙齿由于它的排列和解剖生理结构的特点，当咀嚼受力时，在正常生理状态下，可产生近远中向及殆龈向的位移。但这种位移量很小，用人的肉眼是看不出来的，但可采用一定的测试手段进行测试，可测出其位移量的数据。例如，超声波、激光全息干涉技术等均可测出牙的位移量，国内外学者已进行这方面的研究，并获得满意的结果。

循环动力学又称血流动力学。循环系统由泵（心脏）、动脉、静脉（传输网络）和微循环（毛细血管、淋巴管）组成。其功能行为涉及血液流动、血管和血细胞变形。研究循环动力学的生物力学必须从分子、膜、细胞水平到单微管、分支点、微血管网络，大动脉水平系统地了解循环系统的各部分，从而建立正常循环功能的生物力学，在此基础上可进一步阐明各种循环系统疾病的病理、生理学的机制，为疾病的诊断、治疗、预防提供理论依据。

第三节　生物力学研究的方法

一、一般生物力学研究方法

生物力学研究的主要手段是测试和实验，当前重点发展的是电子计算机和检测仪器。电子计算机用于数据处理和分析；信息储存和检索；数学方程求解；实验控制和监测；图解显示和图像识别；系统模拟和优化等。生物力学的力学基础是牛顿力学和介质连续力学。生物力学的研究方法是研究连续体内的一个单元体。这个单元体周围都有物质存在，这些物质构成这个单元体产生力作用的环境。

研究单元体模型可以说明整体的作用。因此，在生物力学研究中，数学模型的建立与分析是一个重要环节，并通过模型建立生物功能的力学基础。

1. 了解研究对象的几何特点 在研究生物力学时，必须首先了解生物的形态、器官的解剖，组织的结构和微结构。

2. 测定组织或材料的力学性能，确定本构关系 本构关系是指物性的表现形式，描写物质的性质。本构关系用数学表示出来，就是本构方程。也就是描述生物物理性质应力——应变关系的方程。在生物力学中有三种本构方程：

（1）描述正常生理状态下应力——应变关系的本构方程。

（2）描述组织中水及其他物质运输规律的本构方程。

（3）描述应力——应变状态长时间变化下、与之相应的组织生长或吸收规律的本构方程。

在生物力学研究中，本构关系的研究往往比较困难。因为人们不能将人体组织分离出来，进行试验；或者由于要求组织试件尺寸大小；或者难于使组织维持在活体状态。此外，生物组织产生的变形很大（应变-位移关系是非线性的）。而且应力-应变关系通常是非线性的，与受力的历史过程有关。

3. 根据几个基本的物理学原理，即能量不灭、动量不灭和质量不灭定律和器官与组织的本构方程，导出其主要的微分方程和积分方程。

4. 在生物力学研究中，为了模拟接近人体生理状态的真实情况，必须搞清楚器官组织的功能或工作情况，以便获得理想的边界条件。有了边界条件，再用解析方法或数值方法求解边界值。必要时，可作生理实验，以验证边界值是否可靠。

5. 在研究过程中，应采用理论与实验相互参照，进行修正，以获得一致性，使问题在定性和定量方面均能得到满意的说明。这样，当器官、组织的性质或边界条件发生变化时，人们可预计其机体的变化，从而有助于疾病的诊断、治疗和预防。

二、口腔生物力学研究方法

口腔医学是应用生物学、医学、工程学及其他自然科学的理论和技术，研究和防治口腔及颌面部疾病的一门医药卫生科学。力学是研究物质运动规律的学科。口腔生物力学则是应用力学的原理方法和工程技术研究口腔颌面部生理、病理及矫治修复变化运动规律的学科。

口腔生物力学的研究方法与一般生物力学研究方法相似，但因口腔颌面系统的解剖结构、器官功能与人体其他组织尚不完全相同，具有一定的特殊性，因此其研究方法也有些差异。例如，牙齿的表面上的釉质是全身骨骼中最硬的组织，其结构也特殊；牙冠下面的牙根由牙周膜固连于颌骨的牙槽骨内，在人的一生中，行使着重要功能、维持着人体健康。牙齿在口腔内根据功能的需要，排列成上下规则的弧形，支撑着面部的高度和外形。牙齿一旦丧失，特别是多数后牙缺失，人的面容发生改变，显得苍老，从而影响患者的身心健康。

上下颌通过颞下颌关节，由肌群的作用，下颌骨可以上、下、左、右、前、后自由运动，使人们自由的咀嚼、语言和表情。牙齿虽小，但对全身的健康起着巨大的作用。在口腔临床上，常见患者因咀嚼时不慎而导致牙齿牙冠的折裂或折断；或因长期行使咀嚼，切割功能，到老年后，牙齿自行松动脱落；或因外伤使牙冠、牙根折断或脱落，甚至可使颌骨骨折，牙齿产生错位。这些现象是怎样造成的，牙齿上受力的方向是怎样的，可否预防，应如何预防？用于恢复牙冠缺损、牙列缺损和缺失的各种修复体应如何设计，才能发挥最大的咀嚼功能，且不易损坏。以上情况均与力学有着密切关系，同时也说明口颌系统的特殊性、重要性。

（一）实验应力分析法

实验应力分析法是利用物理模型或实物对构件进行应力分析的方法。主要由基础理论和工程技术相结合，可以对构件进行应力、应变和位移的分析。而且是复合材料力学基础理论研究的必要手段。实验应力分析法包括电测法、光测法、脆漆涂层法和电场比拟法等，其中光测法包括光测力学应力法（光弹法）和光测力学位移法（全息干涉法、散斑法、云纹法等）两大类。

1. 电测法 又称电阻应变测试法（electronic resistance strain gauge techniques），是实验应力分析方法中最基本的方法之一。其基本原理是以电阻应变片作为传感元件，将测点的应变转换成电压信号，然后以应变的标度给出，即通过贴于被测物体的电阻应变片，将物体表面指定点的应变情况，由电阻应变仪用数字显示出来。

电测法的特点：

(1) 灵敏度和精度高，可分辨到一个微应变。

(2) 在现场测定时，所获得的数据反映被测物体应力分布的实际情况。

(3) 可在各种复杂情况下测定多种力学参数，可测量力、位移、加速度、压强、扭矩以及大变形和裂纹扩展速率等。

(4) 测量结果为电信号，可将其输入电子计算机，进行数据处理，并可实现测试自动化。

但电测法只能逐点测量物件的表面应变，仅能获得应变片所在位置的应变平均值，不能直观得出构件应力分布的全貌。在环境条件恶劣时，误差大。

电测法可用于口颌系统各组织的基本力学性质（弹性模量、剪切模量、泊松比、极限强度）的测试，以及测量牙齿咬合力的殆力仪，也可用电测法原理制作。并可用于各种修复体的应力分析。

2. 光弹实验应力分析法（photoelastic experimental strss analysis）这种方法是由光学和弹性理论相结合，用以对结构或构件进行应力分析的实验方法。其基本原理是当偏振光通过加载的具有特殊光学性质的透明塑料时，这些材料由原来的光学各向同性体转变为各向异性体，发生双折射现象，使实验模型内出现条纹。在运用中，将光弹性材料制成的模型，放在光弹仪中，加载，在单色光源照射下，出现黑白相间的条纹；在白光光源照射下，出现彩色条纹，这些条纹称为等差线或等色线（isochromatic fringe）。等色线越多，越密集，则应力越大。还有一条黑色条纹（等倾线），这种线与主应力的方向有关。

3. 全息干涉法 全息干涉法的基本原理是利用光的干涉，将物体光波的位相和振幅信息，记录在全息底片上，再利用光的衍射，再现物体光波，便能获得与物体表面位移有关的定量资料。

全息干涉法中应用较广的是两次曝光法，把相应的两个波面记录在同一张全息底片上。当再现时，能在重构物体表面观察到这两个光波形成的干涉条纹，这些条纹代表了物体状态变化的情况。全息干涉法具有全场测量、灵敏度和精度高，多重干涉、适用范围广等优点。已广泛用于口腔医学各领域。

（二）理论应力分析法

理论应力分析法是用材料力学和弹性理论求得应力分布的理论解答。理论分析涉及基本物理学法则的运用和一些基本公式，如应力-应变的关系等理论分析常要进行大量复杂数据的处理，可借助计算机寻求数值计算结果，即目前应用的有限单元分析法（finite element stress analysis）。

其方法是将连续的弹性体分割成一系列有限个力学单元，组成一个单元的集合体，以代替原来的连续体，并逐一研究每个单元的性质，而获得整个弹性体的性质。其优点如下：

1. 可对各种力学问题进行研究，分析的结构可具有任意的形状，载荷和边界条件。

2. 能计算出模型内任意处的应力值和位移值。

3. 可根据需要对模型进行修改，能保证模型和加载条件的同一性。

4. 使用计算机，可以处理庞大的数据，计算结果准确，并能根据程序自动绘出应力图，使结果更具有直观性。

有限元法已广泛应用于口腔医学各方面的力学研究。

第四节 生物力学与人类健康的关系

生物力学既是基础又是应用，既是科学又是工程。因而生物力学的研究是去认识自然，从而改造自然，是提高和深入对生物体生命系统的基本认识，具体说就是对生物体生理和病理现象和规律的认识，从而设法进行确切的、有效的诊断、治疗和预防，并可进一步改造已认识的和了解的自然现象和规律，达到维持自然生理状态，治疗疾病、预防疾病、延年益寿的目的。

生物医学工程和生物力学的创建和发展，加快了生物学和医学的发展，但还需继续深入研究。所以生物力学与人类的健康有着密切的关系。近年来生物力学在医学和口腔医学方面均已作出巨大的贡献。

一、生物力学对医学的贡献

生物力学对医学的贡献，主要是指生物力学在全身疾病方面进行的研究和取得的成果，以及对人

类延长生命采取的措施方面的成就。

（一）生理学

通过生物力学的研究，促进了生理学的发展，了解了许多生理现象，有助于疾病的诊断与治疗。

循环动力学的生物力学是研究分子、细胞膜、细胞、单一微血管、微血管网络、大动脉、器官和系统。进一步了解循环系统的力学性能，有助于诊断和治疗疾病。同时可优化脏器的体内外设计，可了解动脉粥样硬化中的力学参数变化规律，确定病症模式。微循环的结构与功能在心血管生理和病理中非常重要，尤其对于心血管系统疾病和年龄增长更重要。这些均有助于心血管疾病的诊断、治疗和预防。

关于血液流变学的研究现已进入单个细胞的研究，包括单个红细胞和白细胞的变形性、红细胞集中的力学。剪切场的作用对溶血、血栓溶解、栓塞的形式和假肢的设计均很重要。

（二）外科学

创伤是外部原因引起的物理性损伤，是人类寿命缩短，永久性伤残的主要原因，创伤生物力学的研究，有助于设计必要的安全系统，以减少、减轻创伤给人类带来的痛苦。

大脑和脊髓的损伤将造成物理性和生理性的“超负荷”，通过对组织变形剪切应变和拉伸应变与神经中枢损伤之间关系的研究，使幸存者的功能损伤降低到最小程度已成为现实。

此外，关于骨折的生物力学研究已进行大量工作，发现骨的生长和愈合与骨的力学环境有密切关系。

（三）人工器官

随着科学技术的飞速发展，许多人工器官研制成功，如人工肺、人工肝、人工心脏、人工血管、人工血液、人工心脏瓣膜、人工心脏起搏器、人工肾、人工胰、人工关节、人工喉、人工食管等。人工器官的发展已有长足进步，并有广阔的应用前景。

二、生物力学对口腔医学的贡献

近十余年来，口腔生物力学发展很快，取得了一定的成就。对口腔保健工作作出较大的贡献。

（一）牙、颌和颞下颌关节力学性质研究

牙齿、颌骨组织结构力学性质的研究，国内非常重视。现已对牙釉质、牙本质力学性质进行研究，该研究因牙齿体积小，试件的制取、测试难度大，给研究造成困难。但已获得牙釉质、牙本质弹性模量和泊松比数据。

颌骨组织结构的力学性质研究，已从宏观、微观、超微结构进行。研究结果揭示了形态与功能、结构与力学性质之间的密切关系，并发现骨内胶原纤维与羟基磷灰石构成胶原羟基磷灰石纤维，形成了骨的特殊硬度和韧性，使骨具有良好的力学性能，能够支撑人体进行劳动和工作，使人体下颌骨自由运动，发挥较大的咀嚼功能，维持着机体的活动，保持机体的健康。

咀嚼功能的发挥，主要由肌肉和颞下颌关节辅助下颌运动来完成。当咀嚼、切割、捣碎、撕裂、研磨各种食物时，牙齿、颌骨、颞下颌关节均要承受一定的压力，𬌗力的传递，有节奏、有规律的咀嚼、吞咽运动，这全靠颞下颌关节的功能及其周围韧带和面部肌肉的协调作用。

通过颞下颌关节组织的生物力学研究，了解关节组织的结构特征，以及与力学的关系，对关节病变的诊治、预防有较大帮助。

（二）优化修复体设计

修复体是人工牙或义齿，或者赝复体，也可以说是人工器官。对口腔各种修复体及基牙牙周支持组织进行生物力学研究，可了解修复体在不同载荷方向，不同加载部位的基牙牙周组织的应力分布。为各种修复体的修复设计及基牙选择提供依据。使设计的修复体不仅功能好，符合生理要求，而且应力损害最小，有利于保护口腔软、硬组织，并且修复体坚固耐用。

通过生物力学研究证实，要保证各种修复体能长期使用，在牙体制备、修复体设计，基牙选用等方面均应注意避免应力集中现象的产生，并提示基牙双端桥设计优于单端固定桥，三基牙双端桥更优于两基牙双端桥，这是由于𬌗力分散，保护了基牙。

（三）牙颌畸形矫治

牙颌畸形的矫治是通过矫治器对错位牙、牙弓及颌骨畸形施以矫治力，从而使畸形得到矫正，恢复和重建正常的牙颌形态及功能。

对正畸弹性元件力学性能的定量研究表明，可根据错位牙及牙移动的方式来研究需要的最适宜的

矫治力的范围，得出牙移动的最适宜的力为0.98～1.47N。

三维有限元分析鼻上颌复合体内部应力为早期矫治骨性畸形，特别是生长发育期的矫治，为临床矫治提供了理论依据。

（四）生物材料

近年来研制出许多新的生物材料，以满足临床应用的需要。现已研制出钛及其合金的设备及临床修复体制作技术，渗透陶瓷、铸造陶瓷、活性玻璃陶瓷、切削陶瓷，各种类的复合树脂粘接剂、玻璃离子粘接剂，以及弹性印模材料等等。这些材料的研制成功、并批量生产，为口腔修复学的发展、提供了良好的物质基础，并促进了美容修复的拓展。

（五）口腔医疗仪器

现已研制成功并应用于临床的，有口腔解剖生理学应用的𬌗音仪、下颌运动轨迹仪、肌监控仪、内窥镜等。这些仪器可用来诊断、治疗、颞下颌关节疾病。肌电仪、肌监控仪可辅助建立无牙颌颌位关系。

龈沟液流量测试仪用来测量龈沟液流量，说明修复体戴入口腔内是否引起牙周炎症反应。

𬌗力仪用来测试正常人正常牙齿的𬌗力值以及牙周病牙的𬌗力值，了解其𬌗力变化情况。牙髓活力仪，测试牙髓活力的大小及有无，以确定治疗方案。

微波热疗器，可用于治疗口腔癌症，如唇癌疗效显著。

总之，生物力学的研究正在迅速发展，对医学和口腔医学的贡献是巨大的，同道们应积极开展生物力学方面的研究，其贡献是难以估量的。

（赵云凤 李明哲）

第二章　口腔生物力学的理论基础

第一节　力

一、力的概念

（一）力

力（force）是口腔生物力学的基本概念之一。关于力我们并不陌生，在口腔医疗过程中，时时处处都在和力打交道。力是指任何使物体保持或改变位置或使物体变形的作用，也可以说是一个物体对另一个物体的作用。力和物体二者不可分割，离开了物体，力就无从谈起。施力物体发力，受力物体受力，没有脱离物体而凭空存在的力。

（二）力的效应

总之，力是物体的相互作用，这种作用使物体的运动状态和形状发生改变，力使物体运动状态发生变化的效应称为力的外效应，使物体产生变形的效应称为力的内效应。力的效应是力学的基本问题。

力的效应的描述以牛顿第一定律、第二定律和虎克定律为基础。

牛顿第一定律：任何质点（具有一定质量的几何点），如果不受力的作用，那么它将保持静止或匀速直线运动状态。该定律给出了力的定性含义：力是物体运动状态改变的原因。

牛顿第二定律：质点受到力作用，所产生的加速度与力的大小成正比，而与物体质点的质量成反比，加速度的方向与力的方向相同，即

$$m \cdot a = F$$

式中，a 为质点的加速度；m 为质点的质量。质量是物体惯性的度量，也是物体运动状态改变的内因。该定律给出了定量描述，即作用于质点的力，等于质点的质量与其加速度的乘积。

胡克定律（Hooke Law）：这是一种弹性定律，系指物体形变较小时，形变与力或负载成正比。用应力与应变表述则是应力较小时与应变成正比，即

$$\sigma = E\varepsilon$$

式中，σ 为应力（stress）（单位面积上所受的力）；ε 为应变（strain）（单位长度的伸长或缩短）；E 为弹性模量（elastic modulus）。该定律建立了力与变形之间的关系。

力对物体的效应取决于三个要素：①力的大小；②力的方向；③力的作用点。三者缺一不可。

力的作用点就是力对物体作用的位置。一般而言，它并不是一个点，往往是物体的某一部分的体积或面积。在很多情况下，可以把这些分布在体积或面积上的分布力简化为作用于某一点上的集中力。例如重力分布在物体的整个体积上，而当研究力的外效应，就可把重力简化为集中力作用在物体的重心上；又如咬肌的下端附着在下颌骨的下颌角这一区域，在计算该肌力时，就可作为一集中力来处理。

在口腔生物力学中，力的运动效应和变形效应具有重要的理论意义和实际意义。

二、力的特征

（一）力是矢量

力和一些仅有大小而没有方向的量不同。仅用大小即可表示的量称标量（scalar quantity），如温度、时间、长度、质量；既要用大小又用方向来表示的量称为矢量（vector quantity）。而力的效应决定于力的大小、方向和作用点，所以力是矢量。

矢量可以用一条有向线段表示，其长度按一定比例尺表示力的大小，其指向表示力的方向，其始端或末端表示力的作用点、通过力的作用点而沿着力的方向的直线称力的作用线。常用力的单位有两种，在国际单位制（SI 制）中单位为牛顿（N），在工程单位制中单位为公斤力（kgf），简写为公斤（kg）。

（二）二力平衡原理

受二力作用的刚体处于平衡状态的充分和必要的条件是，这两个力大小相等，方向相反，作用在一条直线上，这个性质叫二力平衡原理，这二力互为平衡力，若以 F_A 和 F_B 表示，则关系为

$$F_A = -F_B$$

利用二力平衡原理可得到一个推论：作用在刚体上的力，可沿其作用线移到刚体上任一点而不改变该力对刚体的外效应。力的这个可传递的性质称为力的可传递性原理，这一推论有助于复杂受力时的简化。

力的可传性仅适用于讨论力的外效应。而在讨论力的内效应时则不适用。因为力移动后，物体的内力与变形和移动前是根本不同的。如一根钢材，两端受拉力 F_1、F_2 此时钢材受拉变形。若将力沿各作用线移动后，则变为受压力 F_2、F_1，此时力对物体的内效应发性变化，改变为压缩变形（图 12-2-1）。

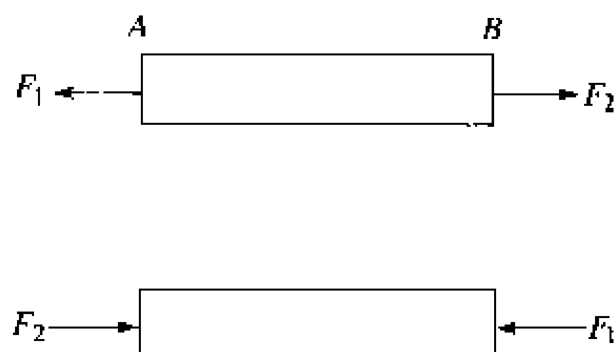


图 12-2-1 力的方向与力的效应

（三）力的平行四边形定律

作用于物体上的力有时不止一个，而是两个或更多个力。为了使问题简化，常需要在不改变力的作用效果的前提下，设法用一个力来代替几个力，这就是力的分解与合成。力的平行四边形定律是进行力的合成和分解的重要基础。作用于物体上同一点的两个力可以合成一个合力。该合力也作用于该点。合力的大小和方向，可用以两分力为邻边所组成的平行四边形的对角线表示（图 12-2-2）。这就是力的平行四边形定律。

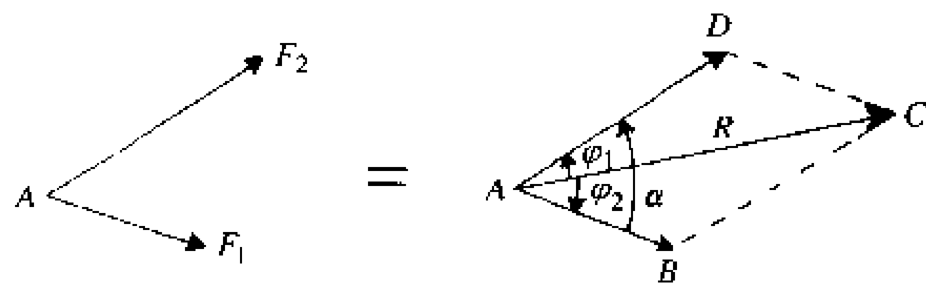


图 12-2-2 力的平行四边形定律

该定律指明，两个力（矢量）相加（合成）不能简单地求算术和，而应用平行四边形定律求几何和（矢量和）。

求合力 R 的大小和方向，一般用几何作图法或利用几何关系计算。当用几何作图法时，选比例尺作一平行四边形，直接从图上量取对角线长度，按比例量得合力 R 的大小，对角线与分力之间的夹角表示合力的方向，可用量角器量出。当用几何关系计算时，如已知 F_1、F_2 和他们的夹角 α，则由余弦定理得

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\ (180° - \alpha)$$
$$= F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha$$

所以合力的大小是：

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

求合力 R 与分力 F_1、F_2 之间的夹角 φ_1、φ_2，应用正弦定理：

$$\sin\varphi_1 = \frac{F_2\sin\alpha}{R} \quad \sin\varphi_2 - \frac{F_1\sin\alpha}{R}$$

根据平行四边形对边平行且相等的性质，求分力或合力可以只画平行四边形的一半，这就是力的三角形法则。在实际中，利用三角形法则求合力更简便。

（四）力的作用与反作用定律（牛顿第三运动定律）

力的作用与反作用定律指出：两个物体 A 和 B 相互作用时，物体 A 对物体 B 有一个作用力 F_B，物体 B 必同时对物体 A 有一个反作用力 F_A，且 F_A 和 F_B 大小相等，方向相反，作用线相同，写为：

$$F_A = -F_B$$

作用力和反作用力相互对立，相互依存，同时存在，同时消失。作用力与反作用力不是作用在同一物体上，而是分别作用在相互作用的两个物体上，因此对每一物体来说，不能说成是一对平衡力。

（五）万有引力定律（平方反比定律）

任何两个质点都在互相吸引，其引力的大小与两质点的质量乘积成正比，与它们之间的距离的平方成反比，即万有引力定律（图 12-2-3），表示为

$$F = F' = G\frac{m_1m_2}{r_2}$$

式中，m_1、m_2 分别为两质点的质量，r 为它们之间的距离，G 为万有引力常数。

万有引力是一种间距作用（不是接触作用），其推广了牛顿第三运动定律的应用范围。

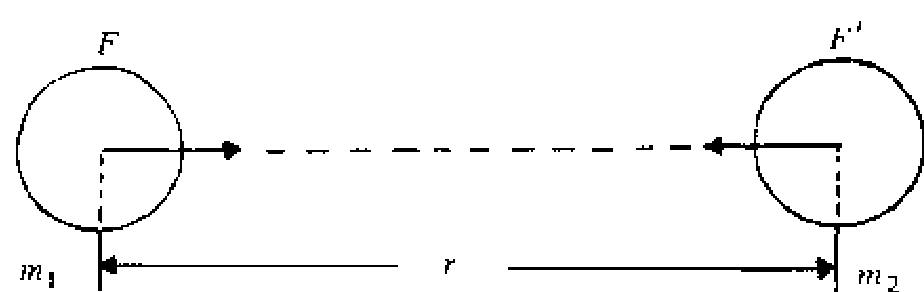


图 12-2-3 万有引力定律

三、几种常见的力

（一）重力

地球表面附近物体的重力，是指地球对物体的引力，由万有引力定律可以求出质量为 m 的物体的重力 W 的大小为

$$W = m \cdot g$$

式中，$g = GM/R^2$ 称为重力加速（R、M 分别为地球的半径和质量），g 一般取值为 9.807m/s^2。

重力的方向指向地心，重力的作用点称为物体的重心。应该注意，物体的重力和重量不是一回事。物体的重量是物体施加于其他物体（支承物或悬挂物）的力，物体的重力是物体本身所受的地心引力。但是当物体静止或平衡时，其重力与重量的大小是相等的。

（二）接触力

接触力是物体之间相互接触而作用的力。两个物体接触时，总要发生变形，发生变形即产生接触力，接触力是通过接触点且沿着接触面的法线方向。因此接触力又叫法向反力。

（三）摩擦力

在两物体的接触面上，除了存在上述法向反力外，还存在一个切向反力，这个切向反力在物体沿接触面有相对滑动或相对滑动趋势时就表现出来（图 12-2-4）。表示一个物体放在水平桌面上，其重力为 W，所受法向反力为 N。现在在物体上施加一个水平力 P，假定 P 的大小从零逐渐增加。开始，好像什么也没有发生，物体丝毫不动，也就是说，物体保持静止状态不变。根据牛顿第一运动定律，这时在接触面上一定还有另外一个水平力 F 作用在物体上，以反抗力 P 对物体的作用，这种在接触面上阻止两接触物体相对滑动的作用力，叫滑动摩擦力，简称摩擦力。摩擦力的方向与相对滑动的方向或趋势相反。固体在流体中的摩擦力称为粘滞力。与固体表面之间的摩擦力相比，它通常是很小的。因此，将润滑液体涂在固体表面上就可明显减少摩擦力。当人走路或奔跑时，并没有感觉到膝关节和腿的其他关节中有任何摩擦力，这是因为人的这些关节都有滑液润滑。当关节运动，滑液通过关节的软骨衬里被挤压出来。当关节处于静止时，滑液被吸收，以增加摩擦力，从而使关节容易保持在固定的位置上。未发生相对滑动时的摩擦力称为静摩擦力（static friction）。静摩擦力有一个最大值，当达到最大值时，物体开始滑动。静摩擦力的最大摩擦值 F_{max} 与接触面的法向反力 N 成正比：

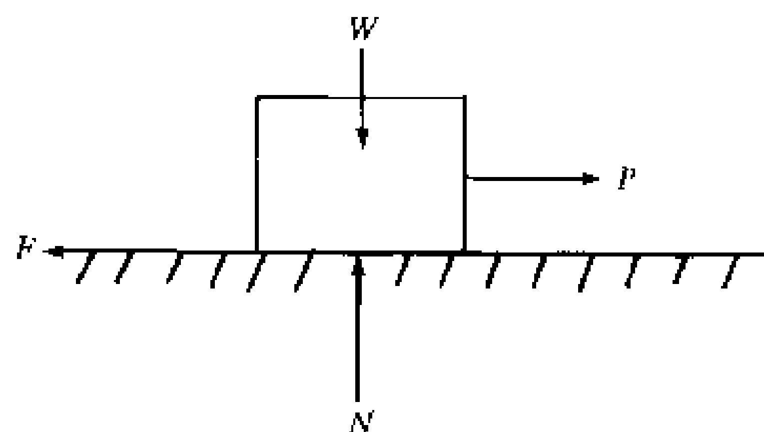


图 12-2-4 摩擦力

$$F_{max} = fN$$

式中，f 为静摩系数（coefficient of static friction）。

发生相对滑动时的摩擦力称为动摩擦力（kinetic friction）。动摩擦力与物体的速度有关。动摩擦力 F 也与法向反力 N 成正比：

$$F = f'N$$

式中，f' 为动摩擦系数，一般 $f' > f$。

摩擦力 F 与力 P 的关系大致如图 12-2-5 所示。在静止区域：$0 \leqslant F \leqslant F_{max}$，且 $F = P$；在滑动区域，$F < P$，且 F 随 P 的增加而下降，但逐渐趋近于一个常数（图 12-2-5）。

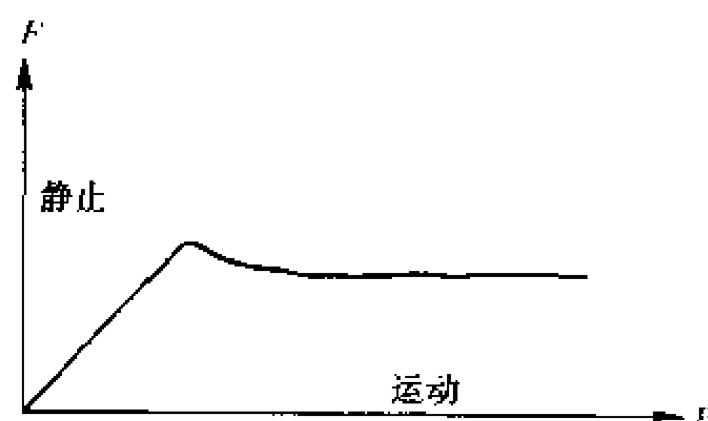


图 12-2-5 摩擦力 F 与力 P 的关系

（四）弹性力

典型的弹性力是指弹簧的弹性力。它以弹簧的伸长或压缩为前提。在弹性极限内，弹性力 F 的大小与弹簧的变形 X 成正比关系：

$$F=K\cdot X$$

式中，K 称为弹簧的弹性系数，它是使弹簧发生单位变形所需的力。

（五）肌肉力

动物各种动作的形成，主要是肌肉收缩所产生的肌力作用于骨骼的结果。从力学角度看，人体的各种运动是以骨作为杠杆，关节为枢纽，肌肉的收缩作为动力而构成的。因此，对形成运动来说，肌肉是主动部分，骨和骨连接是被动部分。

肌肉中含水、蛋白质及其他酸、盐、酶等成分，使之具有弹性粘滞性两种力学性能。一块肌肉全部肌纤维拉力的合力就是这块肌肉的合力，这个合力与肌纤维的数量和排列有关。肌肉力的大小与肌纤维的数量成正比，即

$$F_{m}=\lambda A$$

式中，λ 为肌力系数，表示单位生理横截面积所受的肌力；A 为肌纤维生理横截面积。

影响肌力的因素很复杂，有肌纤维自身的特点（如数量、质量、长度等），有力学方面的因素（如肌肉的起止点、肌拉角度、收缩速度、几个关节复合运动情况等），有神经-肌肉以至整个身体的生理状态，还有性别、年龄、营养、锻炼程度、肌肉的生化成分等因素。

四、约束和约束力

在力学中，凡能在任何方向进行运动的物体称为自由体，自由体在空间可有六个运动自由度，即可以在上下、左右、前后三个方面的直线运动（即三个线位移）和绕三个互相垂直的基本轴进行旋转运动（即三个角位移）。各种因素而使物体位移受到某种限制的物体称为非自由体。非自由体与自由体之间的差别主要是非自由体受到某些位移的限制，这种对非自由体的位移起限制作用的周围物体在力学上称为约束。例如，绳索对于重物、轴承对于轴来说都是约束，它是物体相互机械作用的一种形式，若这种形式以力的形式出现，则约束作用于非自由体的力就称为约束反力。

约束反力的大小随物体受力情况而定，受力大，约束反力亦大；受力小，约束反力亦小，故约束反力又称为被动力。约束反力的大小一般总是未知的，可用平衡条件求出。约束反力的方向应与约束所阻碍的物体运动方向相反。至于约束反力的作用点，则在物体与约束接触的表面，约束反力以外的力称为主动力。物体受的主动力往往是给定的或可测定的，而物体所受的约束反力则必须根据约束的性质进行分析。

（一）约束反力的作用线和方向都有一定的约束

1. 柔索约束（包括绳、链条、韧带、肌腱等）柔索只能承受张力，而不能承受压力和弯曲（抗压和抗弯的能力很小）。当物体受到柔索的约束时，柔索只能限制物体沿着柔索伸长的方向运动，而不能限制物体在其他方向的运动。因此，柔索的约束反力的作用线一定沿着柔索的中心线，其方向朝向背离物体的方向。

2. 光滑接触面的约束　当两物体接触面之间的摩擦力远小于物体所受的其他力时，摩擦力可以忽略不计，认为接触面是光滑的。光滑接触面约束只能阻止物体沿接触点的公法线压入接触面的运动，而不能限制物体沿着接触面或脱离接触的运动。因此，光滑接触面约束反力的作用线一定沿着接触点的公法线，其方向指向物体的内部。由于关节面间有透明光滑的关节面软骨，关节囊的滑膜层能分泌滑液，关节腔内也有少量滑液，所以关节面的摩擦力可减小到最低限度。人体关节面的约束是个比较理想的光滑接触面约束。

（二）约束反力的作用线通过定点而方向不定的约束

1. 圆柱铰链约束　一般常用圆柱形销钉将不同的两零件连接在一起，这种约束，若不计摩擦力的影响，实质就是光滑接触面的一种。其中销钉只限制两零件的相对移动，而不限制两零件的相对转动，即容许接触面间的相对滑动，因此约束反力就一定在与圆柱形中心轴线的垂直平面内，沿着通过圆柱面上接触点的公法线上。由于销钉对物体的约束反力的作用点为销钉与物体的接触点，而接触点往往不能预先确定，所以铰链约束反力的方向也不能预先确定。通常用经过圆柱形孔中心的两个相互垂直的分力来代替。人体中的滑车关节类似于光滑圆柱铰链，人工肘关节的约束亦属于此类型。

2. 铰链支座约束　如果两个构件用圆柱形铰链连接，其中一个构件固定于地面或机架上，则称为固定铰链支架，固定铰链支座的约束反力方向往往不能预先确定，因此可以用两个相互垂直的分力来表示。如果铰链支座又用几个圆柱形的辊轴支承在光

滑的支座面上，就成为可动铰链支座或辊轴支座(图12-2-6)。假定支座面光滑不计摩擦，则辊轴支座不能阻碍支座沿支座面移动，只能阻碍支座沿支座面的法线方向移动。因此，辊轴支座的约束反力同一般的光滑接触在一样垂直支座面，通过铰链中心。

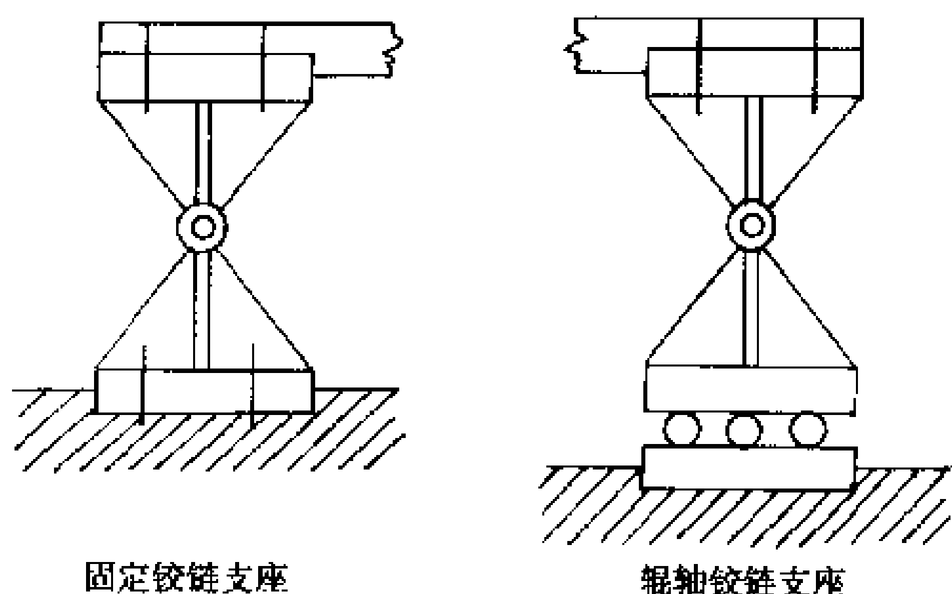


图 12-2-6 铰链支座约束

3. 球形铰链约束 一物体上的球形部分嵌入另一物体的球窝部分而构成的结构称为球形铰链(图 12-2-7)。球形铰链只能限制物体在空间的相对移动，而不能限制物体对球心的相对转动。如不计算摩擦，球形铰链约束也是一种光滑接触面约束。如同光滑圆柱铰链的分析一样，可知光滑球形铰链是约束反力的作用线恒通过球心而方向不定的约束。在三维空间，光滑球形铰链的约束力（N）可以分解成三个相互垂直的分量。人体的肩关节和髋关节等类似于光滑球形铰链。

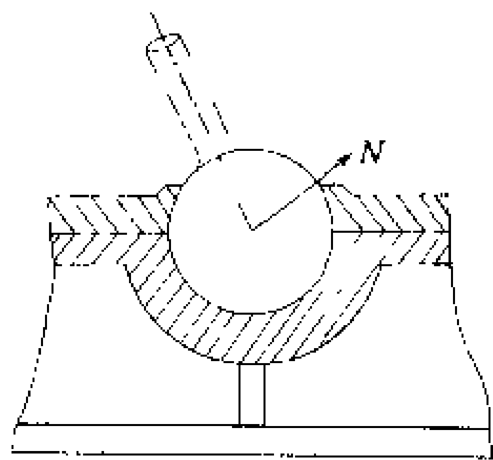


图 12-2-7 球形铰链

五、受力分析与受力图

受力分析是分析研究对象所受的全部外力，包括主动力和约束反力的大小和方向。为了表述清晰和方便，常把研究对象从与其相联系的物体中分离出来单独画出，这叫取分离体。在分离体上画出所有的主动力和约束反力，得到的图形叫受力图。确定研究对象，并正确画出受力图，是进行受力分析计算的重要前提。

1. 确定研究对象，画出分离体图 研究对象的确定，应由问题的条件而定。它可以是一个物体，也可以是若干物体组成的物体系统。在有些问题中，当需要先后选取几个研究对象时，它们的分离体图也应分别画出。

2. 判明已知主动力，画出主动力矢量 主动力一般是已知的，应画全主动力矢量。

3. 逐个释放约束，画出约束反力 去掉约束，而以相应的约束力代替约束的作用，称为约束释放原理。约束反力应根据约束的性质来确定。必要和可能时，可应用平衡原理来确定。必要和可能时，可应用平衡原理来确定某些约束反力的方向。

4. 防止漏掉力和多加力 除重力、电磁力是间距作用外，其他一般的力都是接触力。因此，凡是与研究对象相接触的物体，在接触处都应画出相应的接触力，否则就会漏掉力。每画出一力，必能指出相应的施力物体，否则就会多加力。如果取物体系统为研究对象，则物体系统中一物体与另一物体之间的作用力是内力，不应画出。漏掉力与多加力而得到的受力图是与实际情况不符的，对其进行受力分析而得出的结果必将是错误的。因此，受力图这一基本功应予特别重视

第二节 外力、应力与应变

一、载 荷

机器、结构物及其零部件，在它们的表面上，要受到相邻结构和零部件传给的力和力矩的作用，有的要受到流体压力，以及按其使用目的而承受其他各种不同载荷。另外，在物体内部还要承受自重和惯性力等载荷的作用。如果对这些载荷的分布、大小、速度和频率不明确，就不可能对以后讲述的应力和应变进行分析。

静态作用的载荷称为静载荷。例如，恒定运动中产生的惯性力、非常缓慢变动的载荷、温度变化或温差变动很小时所产生的载荷等，均可近似地按静载荷问题处理。动态作用的载荷称为动载荷。其中把重复变化的载荷称为重复载荷；大小不变只改变作用方向的载荷称为交变载荷；加速度大的载荷

称为冲击载荷；重复冲击作用的载荷称为重复冲击载荷。伴有加速度的载荷，在只考虑它的大小时，可用加速度系数（α/g，α 为运动物体的加速度，g 为重力加速度）乘以运动物体的重量，再按静载荷问题处理。

根据载荷的分布状态，可将其分为分布载荷和集中载荷。前者有均匀分布载荷和非均匀分布载荷之分；集中载荷可看作是作用面趋近于零的小范围的分布载荷。

根据载荷的作用方式，可将其分为轴向载荷、横向（剪切）载荷、变曲载荷和扭转载荷等。所谓轴向载荷是指沿物体的轴线方向作用，其合力作用线通过截面形心并在横截面上产生均匀正应力的载荷。所谓横向载荷是指垂直于物体轴线或轴向平面作用，并在横截面上产生剪力和弯矩的载荷。弯曲载荷和扭转载荷是指分别给物体以弯曲和扭转作用的载荷。几种载荷联合作用时，则称它们为复合载荷。

二、应　　力

（一）应力的概念

为了解决力的强度问题，不但要知道构件可能沿着哪一截面破坏，而且要知道截面上哪些点最危险。可见，仅仅知道截面上内力的总和是不够的，还须知道截面上各处内力分布的情况，即各处内力的集度。

衡量一个物体内力的大小，应该用单位面积上内力的大小为依据，这个单位面积上内力的大小叫应力，写成公式为：

$$应力=\frac{内力}{截面面积}$$

$$应力=\frac{外力}{截面面积}$$

$$\sigma=\frac{P}{S}$$

一般，外力作用往往是不规则的，所以引起的内力的方向并不一定在轴线上，通常既不与截面垂直，也不与截面相切，所以把应力分散成垂直于截面的应力分量称正应力（σ），与截面相切的应力分量，叫剪应力（τ）（图 12-2-8）。

应力的国际单位为牛顿每平方米（N/m^2），称为帕斯卡（Pascal）或简称帕（Pa）。帕的单位较小，故常采用千帕（kPa）、兆帕（MPa）、千兆帕（GPa）。它们之间的关系为：$1Pa=1N/m^2$；$1kPa=10^3Pa$；$1MPa=10^6Pa$；$1GPa=10^9Pa$。

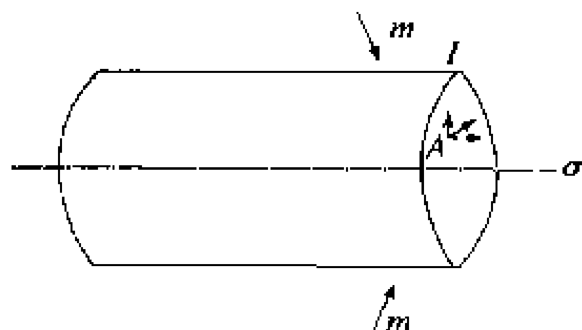


图 12-2-8　正应力与剪应力（A 为正应力与剪应力的交点，m 为截面）

（二）应力的分类

为了指明应力的作用面及作用方向，在物体内设直角坐标系 x、y、z。与 x、y、z 轴垂直的各平面分别称为面 x、y、z。如这些面的外法线与坐标车的正方向一致时，则这样的面称为正面；反之，称为负面。为了表示是在哪个面上和哪个方向上作用的应力，而在 σ_x、τ_y、τ_{xy}、τ_{yz}，这样表示的应力称为应力分量。

虽然在物体内只能产生正应力和剪应力，但是为了区别各种应力状态起见，又采用了种种名称。

在一般情况下，在面 x、y、z 上均产生应力，这样的应力状态称为三向应力。仅在面 x、y 上产生的应力状态，称为平面应力。两个以上的应力分量同时产生的情况，称为复合应力。

此外，在杆件的横截面上，如正应力按线性分布且其合力等于零时，则这样的正应力是由弯矩产生的，所以称它为弯曲应力。在圆轴横截面上，如剪应力的大小与轴线的距离成正比（按线性分布），则这样的剪应力是由扭矩产生的，所以称它为扭转应力。在截面的特殊点附近，应力分布急剧增大，这种现象称为应力集中。

在承受内压的薄壁容器的器壁内，产生的拉应力称为环应力。由于剪应力是平行于作用面产生的，所以又称为切应力。

在没有外力作用的情况下，物体内存在的应力称为残余应力。根据应力产生的原因，又将应力分别称为初应力、装配应力、热装应力、铸造应力、收缩应力等。由于温度分布原因而引起的应力称为热应力。

根据应力变动的种类加以区分：由冲击载荷引起的应力称为冲击应力；大小随时间改变的应力称为动应力；在极大值和极小值之间、简单而周期变化的应力称为重复应力；在绝对值相等的正负应

力之间变化的应力，称为交变应力；在定值和零值之间交替变化的重复应力，称为脉动应力。

不致使机器和结构物破坏，而允许材料产生的最大应力，称为许用应力。由于在设计时把该应力作为标准，所以又称它为设计应力或使用应力。

物体即将产生屈曲时的应力，称为屈曲应力。在应力分布复杂的地方，如不考虑应力集中而只用简单的方法求得的应力，称为名义应力。

应当注意，物体在应力作用下发生变形，因此其作用面积 ΔA 也要发生变化。采用不同的面积，可得到不同的应力表达式：

1．拉格朗日（Lagrange）应力

$$\sigma_L = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta P}{\Delta A}$$

式中，ΔA 为变形前面积。

2．柯西和欧拉（Euler）应力

$$\sigma_c = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta P}{\Delta A_1}$$

式中，ΔA_1 为变形后面积。

3．克然霍夫（Kirchhoff）应力

$$\sigma_K = \frac{\sigma_L}{\lambda} = \frac{\rho}{\rho_1 \lambda^2} \sigma c$$

式中，$\lambda = \frac{L_1}{L}$ 为伸长比；L、L_1 为变形前后的长度；ρ、ρ_1 为变形前后的材料密度。

对于小变形的骨可采用格拉朗日应力，对于大变形的软骨可采用后两种。

三、应　　变

物体受外力作用即产生变形。物体各部分的变形一般并不相同，但在分析物体内任意点处的微小部分的变形时，可近似地认为是均匀的。表示这种变形程度的量，称为物体在该点的应变量，简称应变。物体在外力作用下，其各部分的位置将有所改变，也就是说引起了位移。自物体内某一点的原来位置到它的新位置所连的直线，称为该点的线位移。物体内某一线段或平面在改变位置中所旋转的角度，称为该线或该平面的角位移。

必须注意，线位移和角位移并不足以完全表示变形特征，因为物体作刚体运动时，它的各部分也有位移。

若变形以前，在物体上沿某方向取长为 dx 的一极短的线段，则物体变形以后，这一线段的长度有所改变（图 12-2-9），长度改变 du 就称为线段 dx 的线变形。若变形后线段的长度增加，则 du 称为绝对伸长；若线段长度减小，则称为绝对缩短。而则分别称为相对伸长及相对缩短，总称为相对线变形，或线应变。

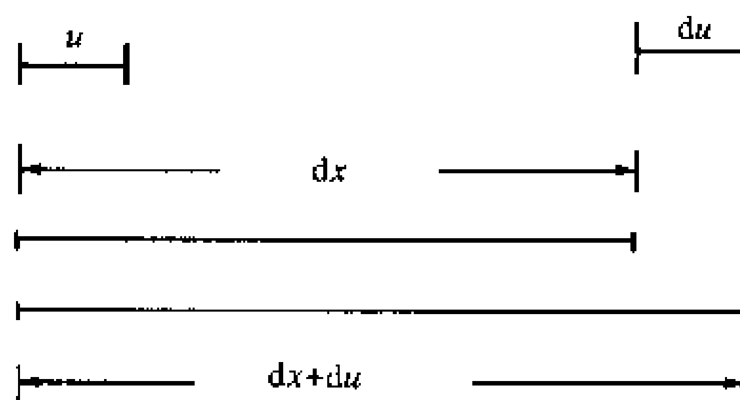


图 12-2-9　物体变形

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx}$$

又若变形以前，在物体上取互相垂直，其长为 dx 有 dy 的两根极短线段（图 12-2-10），则在物体变形后，这两线段间所夹角度将有改变，所改变的数值 γ 就称为角变形，或角应变。

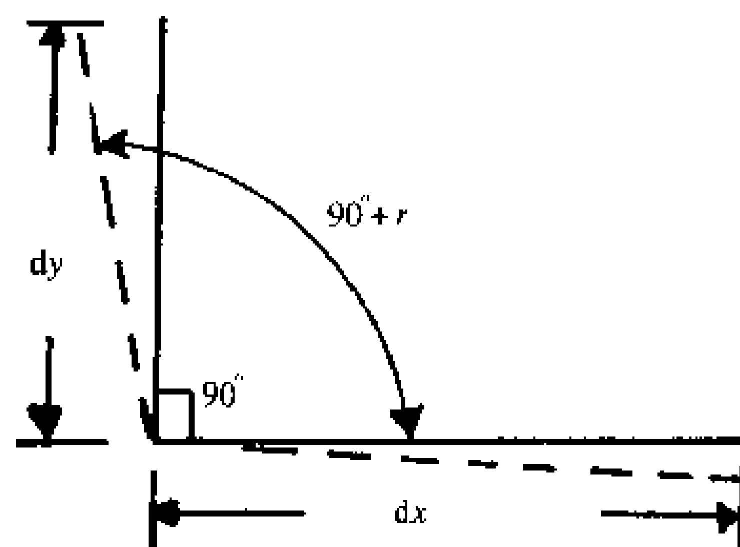


图 12-2-10　角应变

物体的变形是一个几何性质的问题，为了研究整个物体的变形，我们可以设想把物体分成许多极微小的正六面体来研究，这种微小六面体，简称单元体。当整个物体变形时，所有单位体也都变形；整个物体的变形可以认为是由所有单元体的变形累积起来的。不难看出，每一单元体的变形，不外乎各边长度的改变及各边或各面间的夹角的改变。可见，不管物体的变形如何复杂，皆是由两种基本变形即线变形与角变形组合而成。

线应变 ε 是一个比值，没有量纲的量，角应变 γ 用孤度来表示，也是一个没有量纲的量。

四、应力应变关系

（一）纵向变形·胡克定律

若应力未超过某一极限，伸长率较小时，应力与应变成正比，即：

$$\sigma = E\varepsilon$$

这个应力极限值，称为比例极限。联系应力与应变的比例常数 E 称为材料的纵弹性模量，其表征拉压时材料对弹性变形的抵抗能力。

（二）剪切·剪切胡克定律

当剪应力未超过剪切比例极限时，剪应力与剪应变成正比。这个关系称为剪切胡克定律，表达为：

$$\tau = G\gamma$$

式中，G 是材料的一个常数，称为剪切弹性模量。

（三）体应变

令球形物体在大气压 P_0 下的体积为 V_0，当压力为 $P_0+\Delta P$ 时，其体积为 V，根据胡克定律体积应变 $\gamma=(V_0-V)/V_0$ 同 ΔP 成比例，亦即：

$$\gamma = \frac{1}{K}\Delta P$$

K 称为体积弹性模量，其倒数（$\frac{1}{K}$）称为压缩系数。

（四）横向变形·泊松比

在拉伸或压缩时，杆件不但有纵向变形，同时横向也发生变形。当纵向有伸长时横向就有收缩；反之，纵向缩短时则必胀大。在弹性变形范围内，横应变与纵应变之间，存在简单的正比关系：

$$\varepsilon_1 = -\mu\varepsilon$$

式中，μ 为一常数，称为泊松比或横向变形系数，是由科学泊松首先得出的。泊松比 μ 是一个无量钢的量，也是表征材料物理性质的一个弹性常数。

（五）弹性常数之间的关系

对于各向同性体，三种弹性常数 E、G、K 和泊松比 μ 之间的关系为：

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\mu)}$$

$$E = \frac{9KG}{3K+G}$$

$$\mu = \frac{3K-2G}{6K+2G}$$

$$\frac{K}{G} = \frac{2(1+\mu)}{3(1-2\mu)}$$

G、K、E 和 μ 间的关系见表 12-2-1。

表 12-2-1 G、K、E、μ 间的关系

	G,E	G,K	E,K	G,μ	E,μ	K,μ
E	—	$\frac{9GK}{3K+G}$	—	$2G(1+\mu)$	—	$3K(1-2\mu)$
G	—	—	$\frac{3EK}{9K-E}$	—	$\frac{E}{2(1+\mu)}$	$\frac{3K(1-2\mu)}{2(1+\mu)}$
K	$\frac{EG}{3(3G-E)}$	—	—	$G\frac{2(1+\mu)}{3(1-2\mu)}$	$\frac{E}{3(1-2\mu)}$	—
μ	$\frac{E}{2G}-1$	$\frac{3K-2G}{2(3K+G)}$	$\frac{1}{2}(1-\frac{E}{3K})$	—	—	—

（六）应力-应变曲线

一般表示应力 σ 和应变 ε 的关系曲线称为应力-应变曲线（图 12-2-11），应变 ε 很小时，由于胡克定律成立，其应力-应变曲线为一直线。当应变较大时，应力-应变曲线将偏离直线。

通常保持一定的应变率 ε 而测定出应力-应变曲线的。所以，应力-应变曲线一般与应变率有关。

图中 OA 为弹性部分，ABC 为塑性部分。A 称为屈服点，C 为断裂点，与曲线上极大值 B 点相对应的应力称为抗拉强度。在 BC 之间，曲线下降，这是由于试件出现颈缩而断面变细使其可承受的负荷降低的缘故。

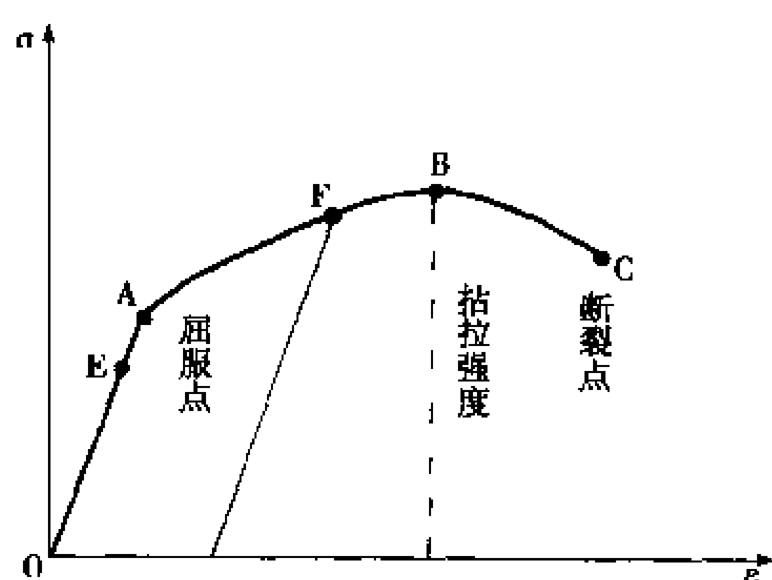


图 12-2-11 应力-应变曲线

第三节 材料的基本变形

材料（包括人体骨骼）受到载荷作用后，有一种抵抗载荷作用的能力，产生应力而发生变形，一般材料受载后的变形形式有拉伸、压缩、剪切、弯曲和扭转等五种基本变形。实际上，材料受到载荷作用后所发生的变形往往并不单纯是某一种基本变形，而是两种或更多的基本变形形式的组合，称为组合变形。

一、拉伸和压缩

（一）拉压时的应变

直杆两端有一对作用线与杆轴线重合，方向相反，大小相等的外力 P 作用时，发生变形主要是长度的改变。直杆的这种变形称为轴向拉伸或压缩变形。

设杆长为 L，宽为 b，纵向总变形（伸长或缩短）为 ΔL，横向变形为 Δb，则相对变形为：

$$\varepsilon=\frac{\Delta L}{L}$$

$$\varepsilon'=\frac{\Delta b}{b}$$

ε 为纵向相对伸长或缩短，统称纵向线应变。ε' 是横向相对伸长或缩短，统称为横向线应变。实验指出，在弹性范围内，纵向线应变和横向线应变之比为一常数，即

$$\mu=\left|\frac{\varepsilon'}{\varepsilon}\right|$$

式中，μ 称为泊松比。

（二）拉压时的应力

由截面法任取垂直于杆轴的平面将杆截开，可得到轴向内力等于外力 P，又知杆内各纵向纤维变形相同，由均匀变形可得到横截面上的内力均匀分布，其正应力式中，A 为杆的横截面面积，拉伸时称为拉应力，压缩时称为压应力。在简单拉压时，在横断面上只产生均匀分布的正应力。

$$\sigma=\frac{P}{A}$$

（三）胡克定律

实验证明，在弹性范围内，杆件的绝对伸长或缩短 ΔL 与轴向外力 P 及杆长 L 成正比，而与横截面面积 A 成反比，即：

$$\Delta L=\frac{PL}{EA}$$

该式称为胡克定律。若用应力应变表达，可写成另一形式：

$$\sigma=E\varepsilon$$

也就是说，在弹性范围内，应力和应变成正比。其中，比例常数 E 是纵向弹性模量，E 越大，材料也越不易变形，它是衡量材料抵抗变形能力的指标之一。

（四）拉伸试验·应力应变图

静拉伸试验是研究材料机械性质最常用，也是最基本的一个试验。将材料制成标准形状，在万能材料试验机上拉伸，试件受力，原长为 l 增加了 Δl，此时试件的纵向变形（相对变形）为：

$$\varepsilon=\Delta l/l$$

加载到一定程度后，机械载荷的读数不变，变形显著，这种现象叫屈服。继续加载，试件出现局部变细的颈缩现象，以后比较快的被拉断。在试验过程中，逐点记录载荷 P 及变形 Δl，即可得到材料的拉伸应力应变图（图 12-2-12）。

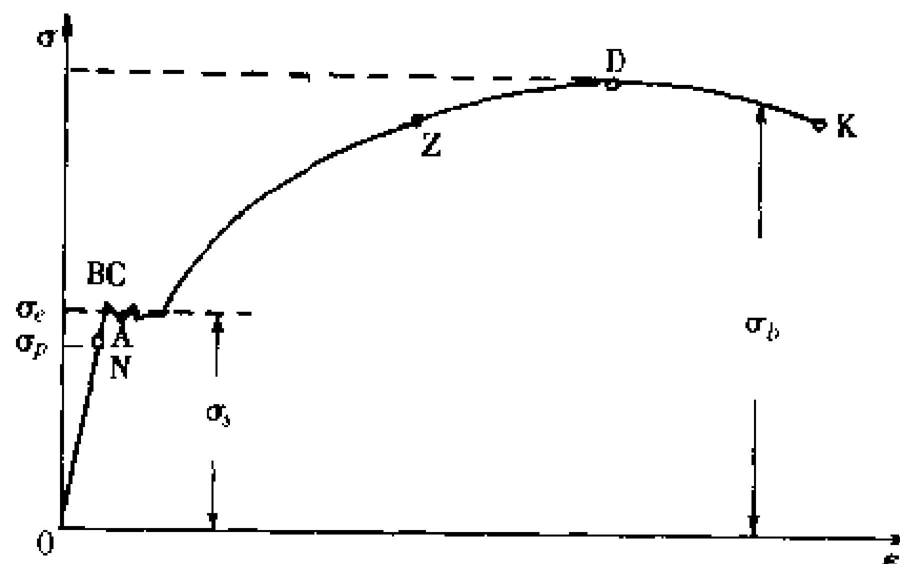


图 12-2-12 低碳钢的拉伸图

比例极限：图中 OA 一段可以认为是直线，说

明在此范围内，应变与应力成正比例，应力与应变成正比的比例常数取为 E。与 A 点相对应的应力数值 σ_p 称为比例极限（弹性极限），比例极限是材料的应变与应力成正比例的最大应力。

流动极限：过了 B 点，图线的坡度逐渐减小，材料对变形的抵抗能力逐渐减弱；到了 C 点附近，变形继续增长而应力几乎不增加。这种现象叫材料的屈伏。在屈伏阶段内，材料几乎失去了抵抗变形的能力。这种在几乎不变的应力之下变形继续增加的应力数值，称为流动极限（屈伏极限），常用 σ_s 表示。

强度极限：到了曲线的最高点 D，相应的拉力达最大值，应力亦达到最大值，这个最大载荷所引起应力，称为强度极限。应力达到强度极限后，变形就开始近于集中在试件的某一段内，这一段的局部截面逐渐收缩，形成颈缩。由于局部的截面收缩，试件所受的拉力越来越小，在应力应变图中相当于 K 点的拉力下，试件被拉而断裂。

上述反映材料机械性质的 A、B、C、D 点，就是应力应变图的特性点。

在室温下的轴向拉伸或压缩时，由变形性质的差异来看，材料有塑性与脆性之分。在显著的残余变形之下才破坏的材料叫塑性材料，在极小的残余变形之下就破坏的材料称为脆性材料。

材料的塑性是用试件断裂后的残余相对伸长的百分比 δ 来计量的，即：

$$\delta = \frac{l_K - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中，l_K 为试件拉断后的标距长度，l_0 为原来的标距长度。δ 称为材料的伸长率。

为了估计材料的塑性，也可以利用截面面积的残余单位收缩来计量，即

$$\psi = \frac{F_0 - F_K}{F_0} \times 100\%$$

式中，F_K 为试件被拉断后缩颈处的最小横截面面积，F_0 为原始的横截面面积，ψ 称为截面收缩率。

伸长率和截面收缩率是表征材料塑性变形能力的两个指标，其愈高，说明材料的塑性愈好。工程上常将 $\delta > 5\%$ 的材料称为塑性材料；$\delta < 5\%$ 的材料称为脆性材料。

（五）静压缩试验

压缩试验的试件，常做成圆柱（柱高与直径之比一般为 3:1）或立方体（体高与正方形截面边长之比一般也取 3:1）。

脆性材料在压缩时也和拉伸一样，当变形很小时就发生破坏，但抗压能力远远大于抗拉能力。

塑性材料在压缩试验时，当压力小于比例极限或流动极限，所表现的性质与拉伸时相似，而且比例极限及弹性模量的数值，与受拉伸时大约相等。超过比例极限后，出现显著的残余变形，试件缩短且直径增大。由于试验机平板与试件两端间的摩擦力，使得试件两端的横向变形受到阻碍，因而被压成鼓形；随着载荷的逐渐增加，试件继续变形而形成薄饼。塑性材料在压缩中不发生断裂，所以测不出强度极限。

二、剪　切

（一）剪切的概念

沿垂直于杆轴的方向作用在杆上的外力称为横向力。在横向力作用下，杆的两相邻横截面将发生相对错动，这种变形称为剪切变形。如图 12-2-13(1)所示为一段杆件受到两个大小相等而方向相反的横向力 P 作用。在外力剪切作用下，杆的变形如图 12-2-13(2)所示，在两外力作用线之间的各横截面积都发生相对错动。杆在发生剪切变形时，往往有其他形式的变形伴随发生。在图 12-2-13(1)所示的外力作用下，只有当两个 P 力的作用线彼此很靠近，也就是只有在两作用线间的距离 a 比杆的横向尺寸小得多时，剪切变形才成为主要变形形式。

（二）剪切应力与变形

剪切变形时，在其内部引起的应力的分布规律和大小都很复杂。实际中，为了便于计算，常常进行简化。以图 12-2-14 的铆接为例，计算剪切面 m-m 上引起的应力。用截面法假想在 m-m 处将铆打切开，考虑上面部分，该部分受外力为 P_1，内力为 Q。由平衡条件可知：$Q = P_1$。

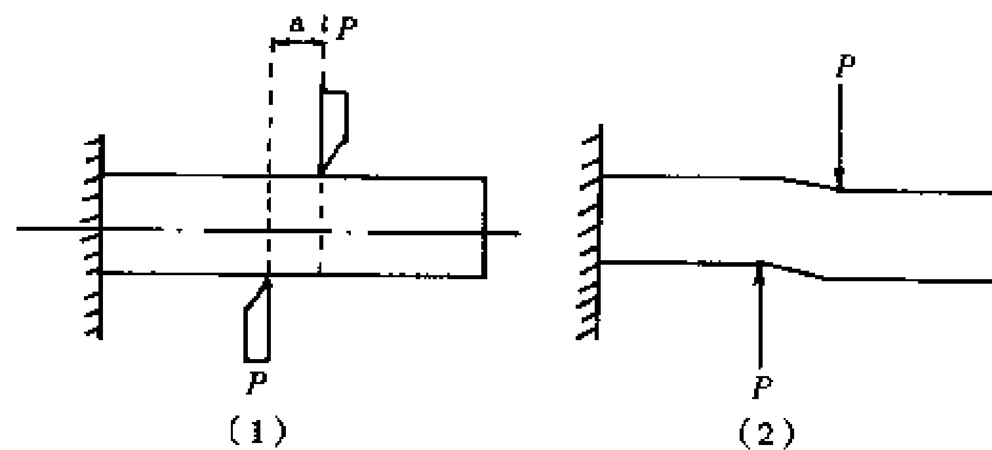


图 12-2-13　杆的剪切

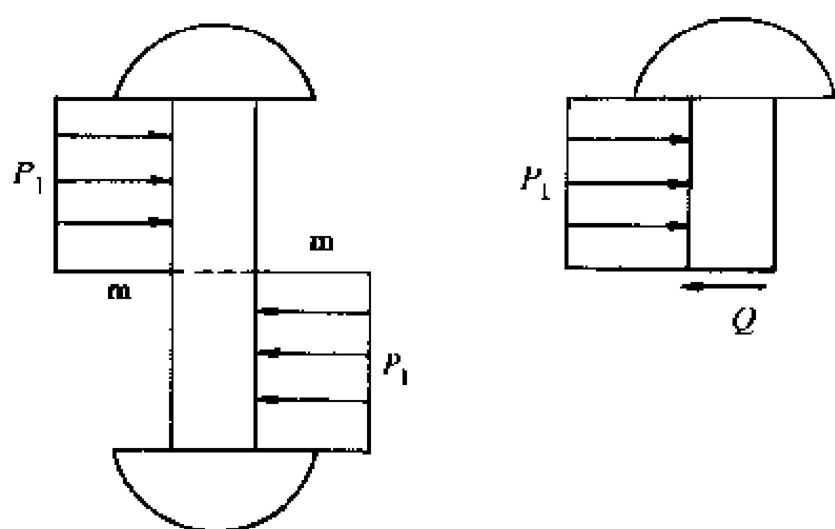


图 12-2-14 销钉受剪

在剪切面 m-m 上，剪应力是均匀分布的，那么剪应力为：

$$\tau=\frac{P}{F}$$

式中，F 表示受剪面积，利用这个公式可以算出在外力 P 作用下究竟产生了多大剪力。

剪断时的应力叫剪切强度，一般工程上为了安全起见，采用小于许可剪应力 $[\tau]$。许可剪应力 $[\tau]$ 可以取同一材料的许可拉应力 $[\sigma]$ 的十分之几。根据材料的许用拉应力 $[\sigma]$，可以估计出它的剪切应力 $[\tau]$，所以剪切强度的计算公式应为：

$$\tau=\frac{P}{F}\leqslant[\tau]$$

这就是剪切的条件。

在剪力的作用下，物体伴随着发生剪切变形。例如，剪切可使原来的矩形变为平行四边形。剪切变形的特点是形状歪斜，线段转动了一个角度，代表歪斜的程度，所以叫剪应变（角应变）。因此，在剪切问题中，研究发生剪切变形问题就是有这个特征：线应变和角应变。

（三）剪切胡克定律（见本章第二节）

三、弯 曲

（一）弯曲的概念

直杆受到垂直于轴线方向的外力或力偶矩矢垂直于轴线的力偶作用，杆件任意两横截面绕垂直于轴线的轴作相对转动，同时轴线弯成曲线，这种变形称为弯曲。直杆变形后的轴线所在平面与外力所在平面相重合的弯曲变形称为平面弯曲。凡以弯曲为主要变形的杆件叫梁。梁分为静定梁和超静定梁。静定梁有三种基本形式：简支梁、悬臂梁及外伸梁。作用在梁上的外力也有三种类型：集中载荷、集中力偶及分布载荷。

（二）剪力和弯矩

对静定梁来说，用静力平衡原理计算出支反力以后，作用于梁上的外力（包括荷重及反力）皆知。取一假想的断面 m-n 将梁分成两部分，弃去后面部分，用作用于 mn 断面上的内力来代替弃去部分的作用力（图 12-2-15），在 mn 断面上每一点均有内力作用，这些内力可以用正应力 σ 和剪应力 τ 来表示 mn 断面上的内力与作用在 mn 断面以左面部分上的外力 A 及 P_1 平衡。外力和内力组成一空间平衡关系。如果所有力向断面重心 D 进行简化，然后进行静力平衡得到：

$$Q=A-P_1$$
$$M=A_X-P_1\ (X-a_1)$$

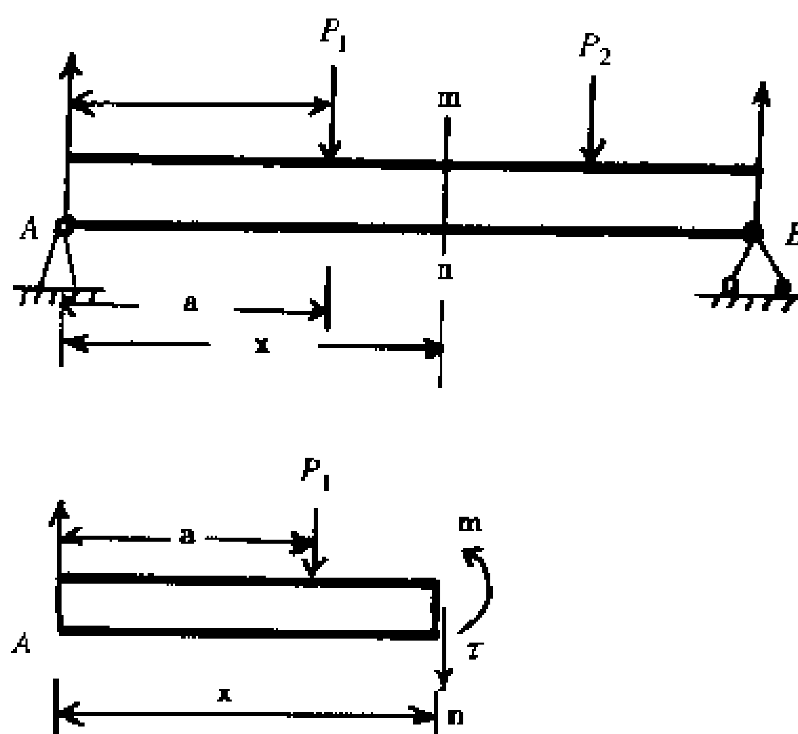


图 12-2-15 用截面法求梁的内力

作用在梁的截出部分上的力偶 M，意图使梁发生弯曲，称为 mn 断面上的弯矩；Q 力意图使梁沿 mn 断面切断，称为 mn 断面上的剪力。从式中看出，弯矩 M 等于 mn 断面以左所有外力对断面重心的力矩的代数和，剪力 Q 等于 mn 断面以左所有外力在梁轴垂直线上投影的代数和。

（三）弯曲正应力

用一简支梁使受两个对称置放的集中力 P（图 12-2-16）。由剪力图和弯矩图可见梁在两集中力之间的一段就是纯弯曲变形。实验时先在梁表面上划纵横线，在变形后可以观察到梁的变形如图 12-2-17 所示：①横线仍是直线，且垂直于纵线，但转了一个角度；②纵线变成圆弧线，近凹边的纵线缩短，近凸边的纵线伸长，中间一层纵线既不伸长也

不缩短，称之为中性层。

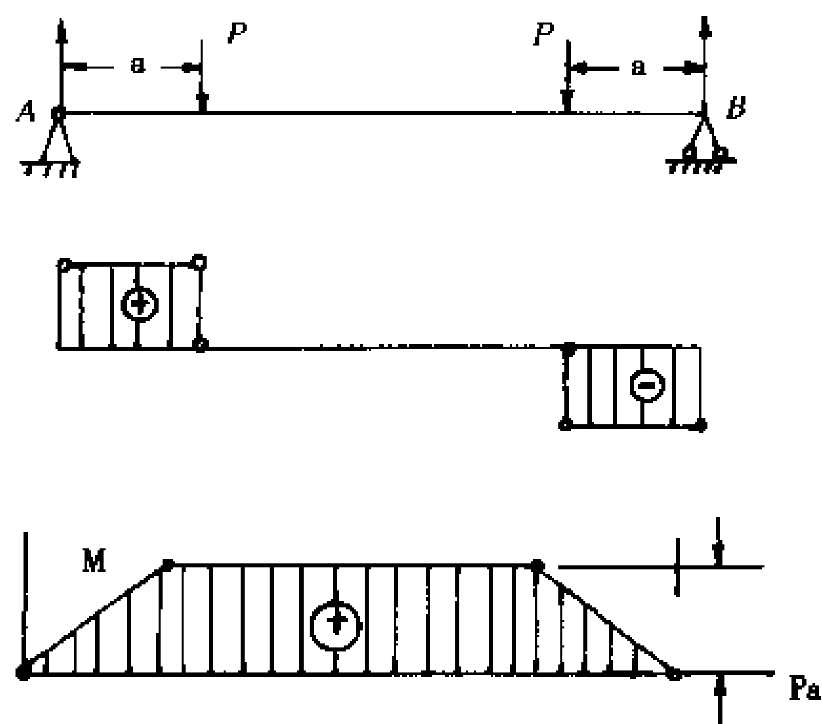


图 12-2-16 纯弯变形

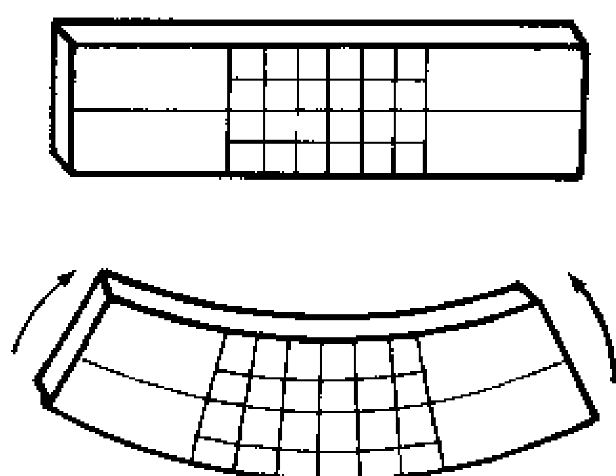


图 12-2-17 梁的弯曲试验

从图中可以看出，离中性层越远的地方，纤维变形越大。故梁横截面上由于弯矩引起的应力是正应力，变形越大，应力也越大。所以正应力分布的规律是弯曲时横截面上正应力的大小与距中性层的距离成正比。显然拉长的纤维引起的应力为拉应力，反之为压应力。因为梁的边缘离中性层最远，所以它的应力也最大。

正应力的计算公式如下：

$$\sigma=\frac{MZ}{J}$$

式中，Z 为该点应力中性轴的距离，J 为横截面对中性距的惯性距，是一个几何性质的数据，决定于横截面的形状和尺寸，且与材料的强度有关。

对于高为 h，宽为 b 的矩形截面，则

$$J=\frac{1}{12}bh^3$$

对于直径为 d 的圆形截面，则：

$$J=\frac{\pi}{64}d^4$$

对于外径为 D，内径为 d 的空心圆形断面，则：

$$J=\frac{\pi}{64}(D^4-d^4)=0.05D^4(1-c^4)$$

式中，$c=d/D$。

对于空心椭圆形长、短及半径分别为 H、B 及 h，b 为截面，则

$$J=\frac{\pi}{64}(BH^3-bh^3)$$

因最大正应力发生在梁的边缘，这一边是最危险的断面，故

$$\sigma_{\max}=\frac{M_{\max}Z_{\max}}{J}=\frac{M_{\max}}{W}$$

式中，W 称为截面模数，$W=J/Z_{\max}$。

（四）梁的强度条件与设计

要保证梁的安全，就要使梁的最大应力不超过它的许用应力 $[\sigma]$，即

$$\sigma_{\max}=\frac{M_{\max}}{W}\leqslant[\sigma]$$

这就是梁的强度条件。

当已知载荷和许用应力而需设计梁的截面时，可用下式算出所需抗弯截面模量：

$$W\geqslant\frac{M_{\max}}{[\sigma]}$$

然后选择截面的形状，最后决定截面的尺寸。

（五）断面的合理形状

从公式 $M=W[\sigma]$ 可知，梁的抵抗弯矩与抗弯断面模数 W 成正比，即 W 愈大，梁的强度也愈大。

选择梁的断面形状时，要既经济又合理。也就是说如何发挥抗弯断面模数 W 的作用，例如矩形截面，高为 h，宽为 b，则：

$$\text{平放：}W=\frac{1}{6}bh^2=\frac{1}{6}F\cdot h$$

$$\text{竖放：}W=\frac{1}{6}bh^2=\frac{1}{6}F\cdot h$$

式中，$F=b\cdot h$，竖放的 h 经平放的 h 大得多，所以竖放的 W 大。

又比如矩形与圆形截面积相等时，使用哪一个好呢？从正应力分布情况比较，梁的上下缘处应力最大，在中性层附近就小，圆形截面中间部分面积虽大，但没有充分发挥作用，所以圆形的不经济。

最经济的是“I”字形梁，因为它的中性层处

材料加强了翼梁，这样同面积的梁，强度就要高一倍。

（六）弯曲变形

梁的轴线在弯曲后变为曲线，这条弯曲了的轴线叫弹性曲线（也叫挠曲轴）。弹性曲线的方程式表达为：$y=f(x)$。

变形前梁断面垂直于梁的轴线，变形后仍垂直于梁的挠曲轴，所以每一断面变形后对自己原来位置旋转一角度 θ，θ 称为断面转角（倾角）。

弹性曲线的切线与 x 轴的夹角即：

$$\theta \approx tg\theta = \frac{dx}{dy}$$

由此可见，梁在弯曲时其横截面产生了两种形式的变形：一种是挠度，一种是转角。两者存在一定的关系。一般讲来，每一横断面的挠度和转角都是不相等的。通常，用挠度和转角的最大值来量度结构在外力作用下所产生的弯曲变形的大小见表 12-2-2。

表 12-2-2 悬臂梁及简支梁在简单载荷作用下的变形

支承及载荷情况	梁端转角	挠曲线方程	最大挠度
	$\theta=-\frac{Pl^2}{2EJ}$	$y=-\frac{Px^2}{6EJ}(3l-x)$	$f_{max}=\frac{Pl_3}{3EJ}$
	$\theta=-\frac{Pc^2}{2EJ}$	$y=-\frac{Px^2}{6EJ}(3c-x)$，$0\leqslant x\leqslant c$ $y=-\frac{Pc^2}{6EJ}(3x-c)$，$c\leqslant x\leqslant l$	$f_{max}=\frac{Pc^2}{6EJ}(3l-c)$
	$\theta=-\frac{ql^3}{6EJ}$	$y=-\frac{qx^2}{24EJ}(x^2+6l^2-4lx)$	$f_{max}=\frac{ql^4}{8EJ}$
	$\theta=-\frac{ql^3}{24EJ}$	$y=-\frac{qx^2}{120lEJ}(10l^3-10l^2x+5lx^2-x^3)$	$f_{max}=\frac{ql^4}{30EJ}$
	$\theta=-\frac{M_0l}{EJ}$	$y=-\frac{M_0x^2}{2EJ}$	$f_{max}=\frac{M_0l^2}{2EJ}$
	$\theta_1=-\theta_2=-\frac{Pl^2}{16EJ}$	$y=-\frac{Px}{12EJ}(\frac{3l^2}{4}-x^2)$，$0\leqslant x\leqslant\frac{l}{2}$	$f_{max}=\frac{Pl^3}{48EJ}$

续表

支承及载荷情况	梁端转角	挠曲线方程	最大挠度
y, P, a, b, θ_1, θ_2, x, l	$\theta_1 = -\frac{Pb(l^2-b^2)}{6lEJ}$ $\theta_2 = +\frac{Pab(l+a)}{6lEJ}$	$y = -\frac{Pbx}{6lEJ}(l^2-x^2-b^2)$，$0 \leqslant x \leqslant a$； $y = -\frac{Pb}{6lEJ}[(l^2-b^2)x - x^2 + \frac{1}{b}(x-a)^2]$，$a \leqslant x \leqslant l$	若 $a>b$，在 $x=\frac{\sqrt{l^2-b^2}}{3}$ 处， $f_{max}=\frac{\sqrt{3}Pb}{27lEJ}(l^2-b^2)\frac{3}{2}$； 在 $x=\frac{1}{2}$ 处，$f\frac{1}{2}=\frac{Pb}{48EJ}(3l^2-4b^2)$
y, q, θ_1, θ_2, x, l	$\theta_1 = \theta_2 = -\frac{ql^2}{24EJ}$	$y = -\frac{qx}{24EJ}(l^3-2lx^2+x^3)$	$f_{max}=\frac{5ql^4}{384EJ}$
y, M_0, θ_1, θ_2, x, l	$\theta_1 = -\frac{M_0 l}{6EJ}$ $\theta_2 = +\frac{M_0 l}{3EJ}$	$y = -\frac{Mlx}{6EJ}(1-\frac{x^2}{l^2})$	在 $x=\frac{l}{\sqrt{3}}$ 处，$f_{max}=\frac{Ml^2}{9\sqrt{3}EJ}$； 在 $x=\frac{1}{2}$ 处，$f=\frac{M_0 l^2}{16EJ}$
y, M_0, θ_1, θ_2, x, l	$\theta_1 = -\frac{M_0 l}{3EJ}$ $\theta_2 = -\frac{M_0 l}{6EJ}$	$y = -\frac{M_0 x}{6lEJ}(l-x)(2l-x)$	在 $x=(1-\frac{1}{\sqrt{3}})l$ 处，$f_{max}=\frac{M_0 l^2}{9\sqrt{3}EJ}$；在 $x=\frac{l}{2}$ 处，$f=\frac{M_0 l^2}{16EJ}$

注：E 为弹性模量，J 为截面的惯性距，f_{max}为梁的最大挠度，Q_{max}为梁的最大转角，P 为集中力，q 为单位长度上的力，l 为跨度

研究梁的弯曲变形，目的是要满足梁的强度条件和刚度条件，即限定最大规定不超过跨度的若干分之一（1/100～1/250）。

要进行刚度校核（构件在外力作用下抵抗变形的能力叫作刚度），就要计算梁的最大挠度和最大转角。

由实验可以看出，作用在梁上的力愈大时，弯曲变形也愈大，所以，挠度和转角与作用力存在着比例关系。另外，还可以看到，挠度和转角与梁的横断面形状与跨度也有密切关系。

四、扭　转

（一）扭转的概念

当一个杆件两端的横截面上，作用着一对大小相等、方向相反的力偶时，这个杆件就要发生扭转。受到扭转后，杆件的两个横截面会发生绕杆件轴线的相对转动，这种形式的变形称为扭转变形。使杆件发生扭转的力偶矩叫扭转力矩，简称扭矩，用 M_n 表示。

（二）外力偶的计算与扭矩

以圆形轴的扭转为例。

作用于轴上的外力偶往往不是直接给出的，工程上常给出轴所传送的功率 N（单位是 kW）和轴的转速 n（r/min）。它们之间的关系为：

$$M_n = 71620 \times \frac{N}{n}$$

根据上式作用在轴上的所有外力矩都求出后，就可用截面法研究截面上的内力。在其内部必定有一扭矩 M_n 同外力矩平衡，此 M_n 就是该截面的内力矩。如果在截面上作用有许多个扭矩，那么根据平衡条件同样可以求出内力矩。

（三）扭转时的应力和强度条件

已知截面上的扭矩后，可以进一步研究横截面上的内力分布规律，以便求出其应力。杆件在扭矩作用下，每一截面扭了一个角度，为了反抗这种变形，截面上必须出现了应力，这种应力根据性质是剪应力。

圆轴扭转时，因为应力与变形成正比，离开圆心越远的点，其变形越大。所以扭转问题中，中心处的剪应力为零，在圆周上剪应力最大；自圆心到轴的表面剪应力也逐渐增大。

计算圆轴截面上最大剪应力的公式如下：

$$\tau_{max} = \frac{M_n \cdot r}{J^P} = \frac{M_n}{W_n}$$

式中，τ_{max}为最大剪应力；M_n 为扭矩；r 为圆轴的半径；J_p 为截面对中心线的极惯矩，是一个几何性质的数据，与材料强度无关，仅与截面的形状与尺寸有关。对于圆轴的计算公式为：

$$J_p=\frac{\pi r^4}{2}=\frac{\pi D^4}{32}$$

$$W_n（抗扭截面模数）=J_p/r$$

和拉伸和压缩的强度计算一样，圆轴扭转时的强度要求仍然是，最大工作应力 τ_{max}不超过材料的许用剪应力［τ］，极强度条件是：

$$\tau_{max}\leqslant[\tau]$$

也可把强度条件写为：

$$\tau_{max}=\frac{M_{nmax}}{W_n}\leqslant[\tau]$$

（四）扭转变形的刚度条件

圆轴受到扭转后，随即发生扭转变形，轴上的母线立即变为歪斜，可以看到两种情况：

1. 整个母线转动了一个小角度 r；

2. 母线旋转了一个角度，圆周线也同样旋转了一个角度，但仍在同一平面内旋转，只有剪应力，而不产生正应力。

圆轴圆周方向上旋转了一个 φ 角，这个角度称为扭转角。显然扭矩越大，扭转角也越大。但是杆件越粗、直径越大，扭转角则越小，这种比例关系表示为：

$$\varphi=\frac{M_n l}{GJ_p}$$

式中，GJ_P 称为圆轴的抗扭刚度，l 为轴长。

轴必须满足强度条件和刚度条件。为了消除 l 杆长的影响，将扭转角 φ 除以杆长，即得到单位长度的相对扭转角（单位长度扭转角）：

$$\theta=\frac{\varphi}{l}=\frac{M_n}{GJ_p}$$

为了保证刚度，规定最大单位长度扭转角 θ_{max} 不超过某一规定的允许值［θ］，于是得到扭转的刚度条件：

$$\theta_{max}=\frac{M_{nmax}}{GJ_p}\leqslant[\theta]\ (rad/m)$$

从公式中看出，应力随直径的增大而增大。轴心附近的应力很小，甚至不负担力，所以工程上用的不少是空心轴，它不但重量轻，而且符合力学原理。一般说，在同样强度条件下，空心轴的重量大约只有实心轴的一半。人体的骨骼是空心的，说明它符合力学原理，是十分合理的结构。

五、组合变形

实际上构件受到外力作用后所发生的变形往往并不单纯是某一种基本变形，而是两种或更多的基本变形形式的组合，称为组合变形。

（一）斜弯曲

实际中，力作用往往不在对称平面里，这时力可以分解为两个相互垂直的在平面内作用，同时发生弯曲变形。所以变形后杆件轴线将不再位于外力所在的纵平面内，这种弯曲变形称为斜弯曲（图12-2-18）。进行斜弯曲的应力和变形的计算，要将载荷 P 力分解在两个平面内，得到

$$P_y=P\sin\varphi \quad P_z=P\cos\varphi$$

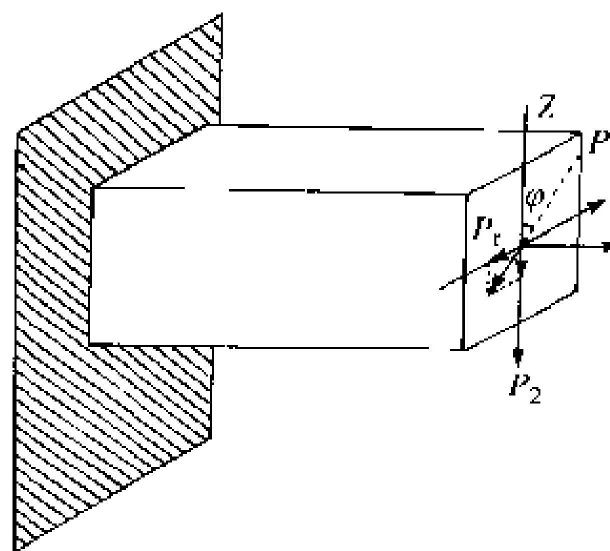


图 12-2-18 斜弯曲

P_y 将使梁在水平平面 xy 内发生平面弯曲；而 P_z 则使垂直平面 xz 内发生平面弯曲。如果在任意断面上引起的弯矩分别为 M_z 和 M_y，引起的正应力则为其代数和，即

$$\sigma=\sigma'+\sigma''=\frac{M_z\cdot y}{J_z}+\frac{M_y\cdot z}{J_y}$$

对于应力是拉应力还是压应力，应根据具体情况加以判定。当然两个力所引起的变形也可按叠加原理计算。

（二）拉伸（压缩）与弯曲的组合

杆件受到轴向外力 R_P 和横向外力 R_b，将引起拉伸（压缩）变形和弯曲变形。当杆件的刚度较大，可忽略弯曲时而引起的轴向变形，而这两种基本变形，仍然可以利用叠加原理来进行计算。因此

它的总应力为：

$$\sigma=\sigma_p+\sigma_b=-\frac{R_p}{F}\pm\frac{M_z}{J_y}$$

R_p 力引起的应力在所有断面上皆相等，而且是均匀分布的。而弯矩引起的最大应力发生在上下纤维上，上面受拉，下面受压，因此应力叠加之后，危险断面在下纤维层。这时的强度校核条件为：

$$\sigma_{max}=\left|\frac{R_p}{F}+\frac{M_{max}}{W}\right|\leqslant[\sigma]$$

（三）偏心拉伸或压缩

作用在杆件上的两个力 P，方向相反，大小相等，但其共同的作用线不在轴线上，这样就会使杆件引起偏心拉伸或偏心压缩。力作用点与轴线的距离，称为偏心距 e。将力 P 向轴线进行简化，在轴上将产生一个轴向力 P 和一个偏心弯距 $M=P\cdot e$，这种情况就是压弯组合。

如果外力 P 不是作用在对称面内，这时首先将 P 力向两个平面进行简化，然后进行叠加（图 12-2-19）。

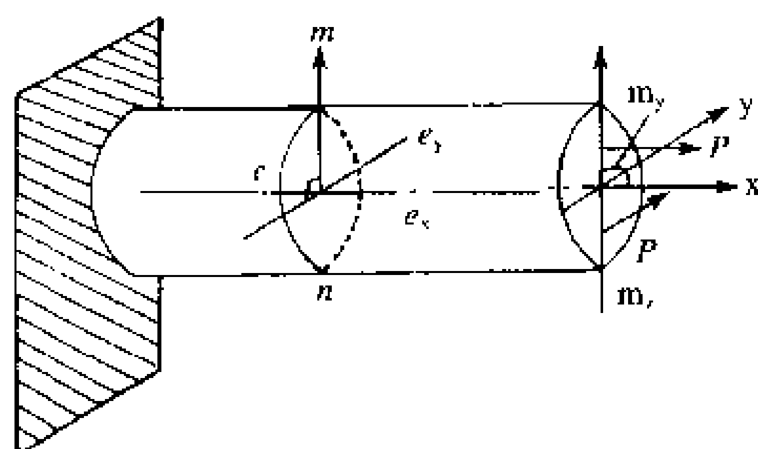


图 12-2-19 应力合成

在轴线上引起的力有：$N=P$；$M_z=P\cdot e_y$；$M_y=P\cdot e_z$。

叠加以上三个内力所引起的正应力，即得任意横截面 mn 上任意点 $C_{(y\cdot z)}$ 的应力计算公式：

$$\sigma=\frac{P}{F}+\frac{M_z\cdot y}{J_z}+\frac{M_z\cdot z}{J_y}$$

为了确定危险点，需要定出中性轴的位置。首先将上式改写为：

$$\sigma=\frac{P}{F}+\frac{(P_y\cdot e_y)\cdot y}{F\cdot i_z^2}+\frac{(P_z\cdot e_z)\cdot z}{F\cdot i_y^2}$$
$$=\frac{P}{F}\left(1+\frac{e_y\cdot y}{i_z^2}+\frac{e_z\cdot z}{i_y^2}\right)$$

因为中性轴上的应力为零，则得到中性轴的方程式为：

$$\sigma=\frac{P}{F}\left(1+\frac{e_y\cdot y}{i_z^2}+\frac{e_z\cdot z}{i_y^2}\right)=0$$

可见，横截面上中性轴是一条不通过截面形心 O 的直线，中性轴将截面划分为拉伸及压缩的两部分。

（四）扭转与弯曲的组合变形

在遇到扭转弯曲的联合作用时，可以分别计算出应力，然后进行合成。

扭矩 M_n 引起的剪应力为：

$$\tau_n=\frac{M_n}{W_n}$$

弯曲引起的正应力为：

$$\sigma_b=\frac{M_B}{W}$$

如果进行强度校核，可以利用第三强度或第四强度理论进行，即

$$\sqrt{\sigma_b^2+4\tau_n^2}\leqslant[\sigma] \quad \text{（第三强度理论）}$$

$$\sqrt{\sigma_b^2+3\tau_n^2}\leqslant[\sigma] \quad \text{（第四强度理论）}$$

第四节 粘弹性物质

很多生物材料（包括生物流体和生物固体）都具有粘弹性。

一、应力松弛

如果试件在固定温度下受力时，应变保持不变，而应力随时间的增长而降低，这种现象称为应力松弛。

（一）松弛函数

在 $t=0$ 瞬时所得到一定应变为 γ_0，则

$$\tau=f(t\cdot\gamma_0)$$

令 $\tau\propto\gamma_0$，则：

$$\tau=G(t)\gamma_0$$

上式中 $G(t)$ 称为松弛弹性模量，$G(t)$ 为 t 的单调降函数，当 $t\to0$，$t\to\infty$ 时，$G(t)$ 值分别为 G_0 和 G_∞（图 12-2-20）。G_0 称为瞬间弹性模量，G_∞ 称为平衡弹性模量。$G_\infty=0$ 的情形，称为完全松弛；$G_\infty>0$ 的情形，称为部分松弛。因此，可令：

$$G_0-G(t)=(G_0-G_\infty)\varphi(t)$$

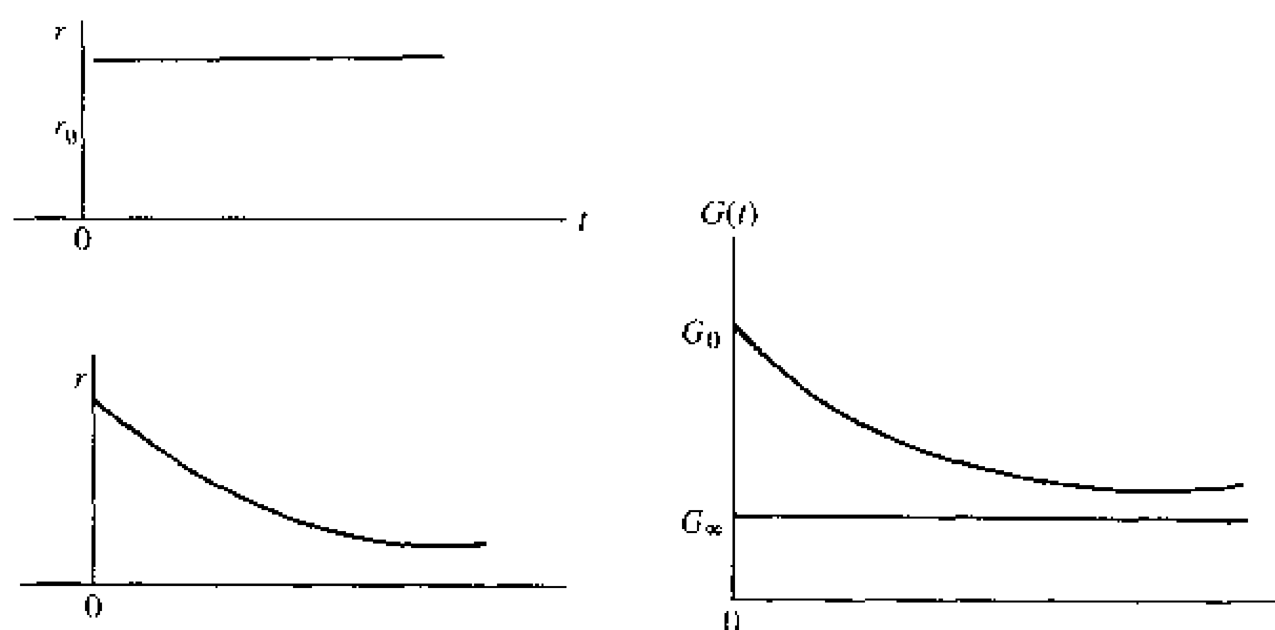


图 12-2-20 应力松弛和松弛弹性模量

$\varphi(t)$ 称为松弛函数，它为 t 的单调函数，并满足以下关系（图 12-2-20）。

$$\varphi(O)=1, \quad \varphi(\infty)=1$$

（二）Maxwell 理论

Maxwell 认为：dt 时间后其应力的减少量 $d\tau$ 同该时刻 t 的应力 τ 成比例，即：

$$\frac{d\tau}{dt}=-\frac{1}{\lambda}\tau$$

式中 λ 为正常数，并具有时间的量纲。积分该式：

$$\tau=\tau_0 e^{-t/\lambda}$$

式中 τ_0 表示 $t=0$ 时的 τ 值。可知：仅当时间为 λ 值时，其应力减少成为初始应力的 1/e 倍（e≈2.72）。λ 值愈大，其松弛愈慢，因此称 λ 为松弛时间。但是同实验比较，在不少情形下其数据是不相符合的。松弛时间 λ 与温度 T 有关，一般可用下式表示：

$$\lambda=Ae^{E/RT}$$

A、E 为正常数，E 为活化能量。不难理解，Voigt 物体显示不出应力松弛。

（三）Maxwell 物体

玻璃物和沥青这样脆性物质，通常作为弹性体处理，它们长期受到重力作用时，亦呈现出流动性。相反，在具有流动性的液体中进行冲击，其内将传播高频波，并会产生像固体般的破坏。一般说来，固体较液体具有缓慢的变形，同时液体较固体有很快的变形。因此，可以根据观测方法来区别固体和液体。Maxwell 对具有固体弹性和液体粘性的粘弹性体作了研究，建立了应力和应变之间的关系，即

$$\frac{dr}{dt}=\frac{1}{G}\frac{d\tau}{dt}+\frac{1}{\eta}\tau$$

如果不要上式右边的第二项，则 $r=\tau/G$，即得到了相应的胡克固体的公式；如果不要上式右边的第一项，就会得到牛顿粘性定律公式。所以上式是一种粘弹性体的公式，为 Maxwell 基础方程式，符合这一方程式的物体称为 Maxwell 物体。

（四）Maxwell 模型

Maxwell 基础方程式的力学模型为弹簧和阻尼器的串联组合，如图 12-2-21。

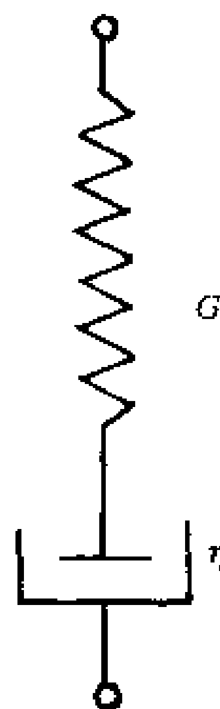


图 12-2-21 Maxwell 模型

令在应力 τ 下的弹簧应力为 γ_1，阻尼器的应变为 γ_2，则

$$r_1=\frac{1}{G}\tau$$

$$r_2=\frac{1}{\eta}\tau$$

又令这种模型的应变为 γ，故

$$r=r_1+r_2$$

以上三式消去 r_1、γ_2，可得到 Maxwell 基础方程

式，弹簧和阻尼器串联组合的力学模型称为Maxwell模型。如果 $\lambda \to \infty$，则Maxwell物体就成为胡克固体；而当 $\eta \to \infty$，相当于阻尼器不变形。与此相反，如令 $\lambda \to 0$，则 $\eta\gamma = \lambda\tau + \tau$，可以得到：$\eta\gamma = \tau$，此时，Maxwell物体就成为阻尼器，其弹簧常数 G 为 ∞，相当于弹簧不变形。

二、蠕　　变

若物体在定值应力 τ_0 作用下，其应变 γ 随时增加，这种现象称为蠕变，γ-t 曲线称为蠕变曲线（图 12-2-22），即

$$\gamma = f(t, \tau_0)$$

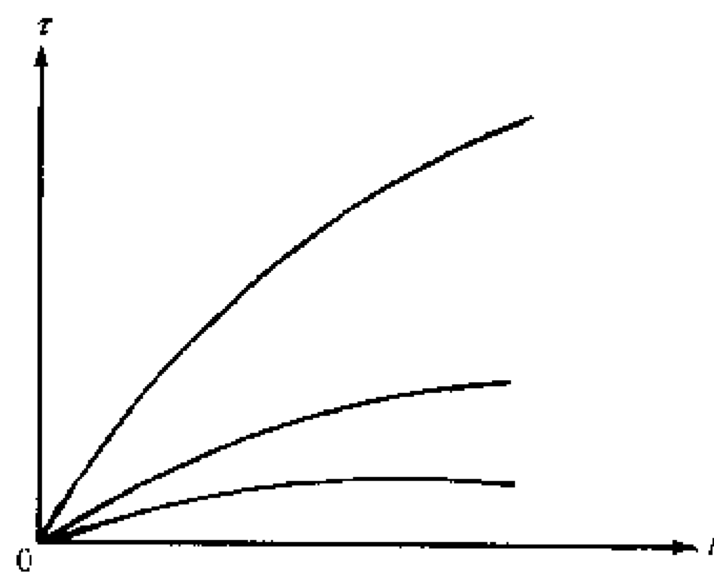


图 12-2-22　蠕变曲线

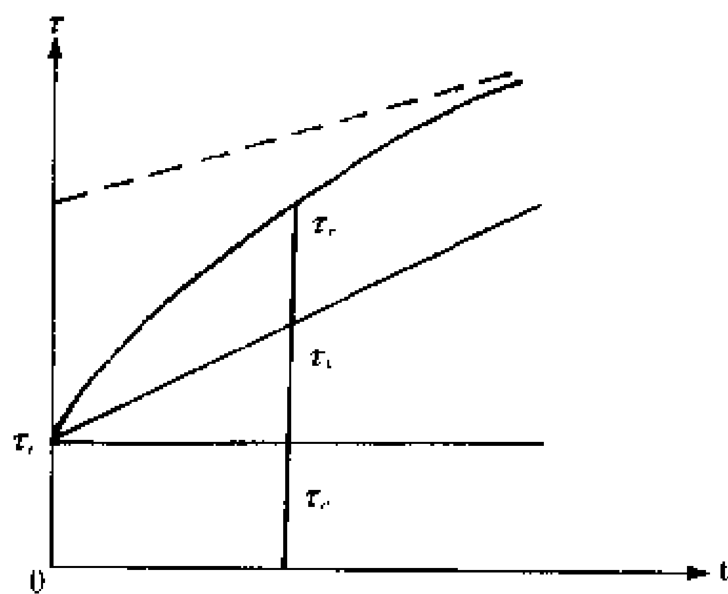


图 12-2-23　蠕变曲线的分解

当 τ_0 较小时，r 随 t 到一定值后饱和，即 $\gamma = \gamma_e + \gamma_\tau$。

当 τ_0 较大时，蠕变曲线具有向上倾斜的渐近线（图 12-2-23），此时应变具有三种成分 r_e、r_γ、r_v，即 $r = r_e + r_\gamma + r_v$，r_e 为弹性应变，r_τ 为延迟性应变，r_v 为粘性应变，r_v 随 t 成比例增加。

考虑到 $r \propto \tau_0$，令 $r = J(t)\tau_0$。$J(\tau)$ 称为蠕变柔度。又令：$r = J(t)\tau_0$。$J(t)$ 称为蠕变柔度。又令：$r_e = J_0\tau_0$，$r_\tau = J_\tau(t)\tau_0$，$r_v = \frac{t}{\eta}\tau_0$，则 $J = (t) = J_0 + J_\tau(t) + \frac{t}{\eta}$，可得 $r_v = \frac{\tau_0}{\eta}$，此式正是牛顿定律，$\gamma_v$ 称为定常蠕变。

相当于 $J = (t) = J_0 + J_\tau(t) + \frac{t}{\eta}$ 式最简单的力学模型是：弹簧同Voigt模型及阻尼器的串联组合（图 12-2-24）。

上弹簧与 J_0 相对应，Voigt模型与 $J_\tau(t)$、阻尼器与 t/η 相对应。上述模型系由两个弹簧和两个阻尼器所组成，称为四元模型。如令Vioght模型的弹性模量为 G_0，延迟时间为 τ'，其弹簧的弹性模量为 G，阻尼器的粘度为 η，可以得到四元模型的蠕变柔度公式：

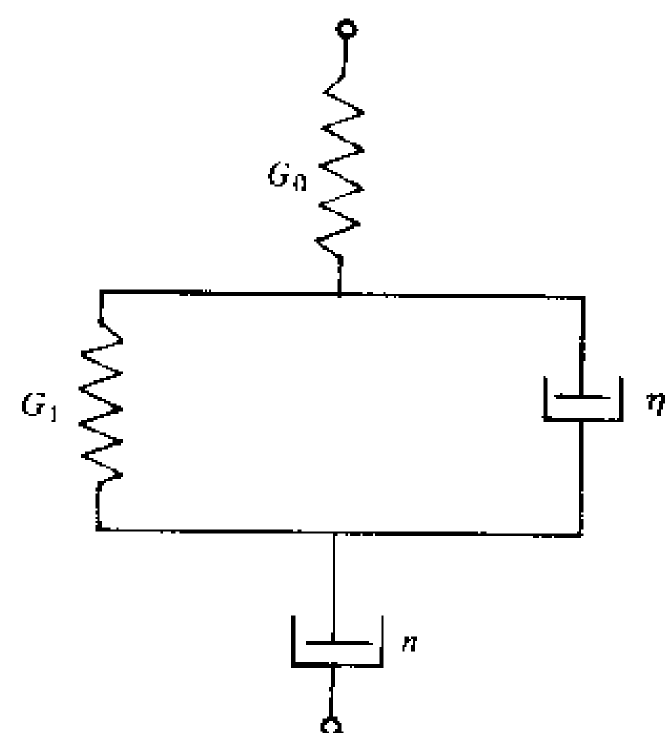


图 12-2-24　四元模型

$$J(t) = \frac{1}{G_0} + \frac{1}{G}(1 - e^{-t/\tau'} + \frac{t}{g}$$

三、弹 性 滞 后

在胡克定律能够成立的范围内，应力－定应变曲线为通过原点的直线，当应变达到某点后，减少应力，其变形随以前的直线减少，也就是说，应力是变形的单值函数。但像纤维、塑料、橡皮等物质，其应力-应变曲线不为一直线，应力增加时上升曲线同应力减少时的下降曲线不相重合，下降曲线又称为恢复曲线（图 12-2-25）。

恢复曲线在上升曲线的下侧，因此，在受到变形后，虽然应力同以前一样，但其应变却大于后者。

应力-应变曲线的上升曲线同下降曲线不相重

合的现象叫弹性滞后，图 12-2-25 的闭合曲线称为滞后环、滞后环的形状同应变率有关。

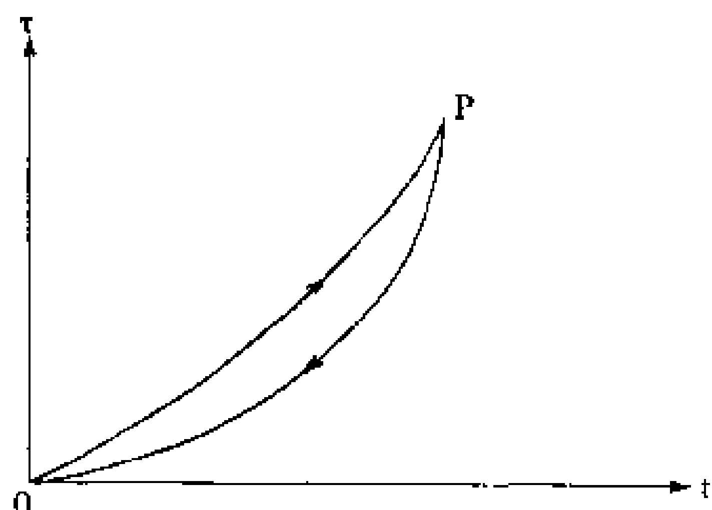


图 12-2-25 弹性滞后

以上情形对任何种类变形 γ 都适合。如在拉伸时，计算物体受力后，从物体的自然长度 l_0 拉伸到相当于 P 点的 l_1 长度所需要的功 W_1，一般令对应长度 l 的力为 F，则

$$W_1=\int_{l_0}^{l_1}F\mathrm{d}l$$

长度为 l 时的断面为 A，伸长率为 γ，应力为 τ，由于

$$\tau_{(1)}=\frac{F}{A}\quad \gamma=\frac{l-l_0}{l_0}$$

故 $W_1=l_0\int_0^{\gamma_1}A\tau_{(1)}\mathrm{d}\gamma$

对应 l_1 的 γ 为 γ_1，如果 γ_1 较小，则 A 可近似取初始断面 A_0。即

$$W_1=A_0l_0\int_0^{\gamma_1}\tau_{(2)}\mathrm{d}\gamma$$

同样，对应于下降曲线外力所作的功为：

$$W_2=A_0l_0\int_{\gamma_1}^{0}\tau_{(2)}\mathrm{d}\gamma=-A_0l_0\int_0^{\gamma_1}\tau_{(2)}\mathrm{d}\gamma$$

式中 $\tau_{(2)}$ 系对应于下降曲线的 τ 值。

由上所述，沿滞后环外力所作的功为：

$$W=W_1+W_2=A_0l_0\int_0^{\gamma_1}(\tau_{(1)}-\tau_{(2)})\,\mathrm{d}\gamma$$

所以单位面积（初始状态）的功 W 为：

$$W=\int_0^{\gamma_1}(\tau_{(1)}\tau_{(2)})\,\mathrm{d}\gamma$$

W 同滞后环所包围的面积相等，亦可写成：

$$W=\varphi\tau\mathrm{d}\gamma$$

但是滞后环的回转方向应为顺时针方向，沿滞后环一周。外力对单位体积的物体所作的平均功完全变为了热能。因此，W 亦称为滞后损失。

（陈新民）

第三章　牙体组织生物力学

第一节　牙体组织的基本力学性质

牙体组织的力学性质研究是口腔生物力学的基础。从临床意义来看，牙釉质和牙本质最基本的、也是最重要的一些力学性质是弹性模量、泊松比、极限强度等。在这些方面的研究已有悠久的历史，近几十年来这方面的研究成果更令人鼓舞。

一、牙本质的拉伸和压缩力学性质

自从 1895 年 Black 测定牙本质压缩力学性质以来，有关牙本质的力学性质研究不断深入（表 12-3-1），不同的学者因测试方法不同所得数值也各异。总的看来，牙本质的拉压弯弹性模量无明显差别，但弯曲比例极限明显低于压缩比例极限。抗压抗弯强度相近，最高；剪切强度次之；抗拉强度最小。牙本质试件在拉压时，不仅有纵向变形，同时也有横向变形。在弹性变形范围内，横应变与纵应变之间存在正比关系。泊松比是在单轴负荷方向上的横应变与纵应变之比的负数；是在一个方向负荷时用以测量物体保持其容积的能力。牙本质的泊松比约为 0.3。但 Renson 测试计算牙本质的泊松比为 -0.025 ~ 0.26，差别很大，这可能由于牙本质的各向异性影响了从其他弹性常数计算泊松比。

表 12-3-1　牙本质的力学性质

作　者	方　法	比例极限（MPa）	强度（MPa）	弹性模量（GPa）
Black（1895）	压缩	—	257	6
Peyton（1952）	压缩	161	249	12
河村（1956）	压缩	161	249	12
Craig（1958）	压缩	167	297	18
Stanford（1958）	压缩	173	348	15
Greener（1972）	压缩	—	245	14
Craig（1975）	压缩	165	297	19
Anderson（1976）	压缩	140 ~ 170	280 ~ 320	9 ~ 18
金竹（1978）	压缩	125 ~ 148	232 ~ 305	12 ~ 14
本村（1985）	压缩	127 ~ 167	275 ~ 343	13 ~ 16
Watts（1988）	压缩	165	260	13.3
Bowen（1962）	拉伸	—	51.7	19.3
Lehman（1967）	拉伸	—	41	11.0
Tyldesley（1959）	弯曲	66.2	266	12.3
Renson（1970）	弯曲	—	245	—
	悬臂梁法	—	—	12

二、牙釉质的拉伸和压缩力学性质

由于牙釉质解剖结构和几何形状尺寸的限制，制备牙釉质力学试件非常困难，给力学研究带来一定的难度，也影响到牙釉质的力学数据较牙本质离散。

牙釉质的力学性质研究说明牙釉质是典型的各向异性非均质生物材料。所取牙位不同如尖牙或磨牙，其力学性质表现差异较大；所取部位不同如切缘或斜面，其力学性质亦不同；特别是所取方向不

同，更明显影响其力学性质。其他如钙化程度、结构变异等，都可影响其力学性质。表 12-3-2、12-3-3 列出了有关牙釉质压缩及拉伸力学性质的一些重要数据。

表 12-3-2 牙釉质的压缩力学性质

作者	牙位	部位	方向	比例极限(MPa)	强度(MPa)	弹性模量(MPa)
Stanford	未记录	牙尖	混合	236	277	47.5
(1958)		轴面	垂直	145	194	30.3
		殆面	平行	116	134	8.96
Stanford	尖牙	牙尖	混合	194	288	47.5
(1960)		轴面	垂直	183	253	33
		切缘	平行	91	220	20
Stanford	磨牙	牙尖	混合	224	261	46
(1960)		轴面	垂直	186	250	32
		轴面	平行	70	94.5	9.7
		殆面	平行	98	127	11.0
Craig	磨牙	牙尖	平行	353	384	84
(1961)		轴面	平行	336	372	78

表 12-3-3 牙釉质的拉伸力学性质

作 者	方 法	强度(MPa)	弹性模量(GPa)
Bowen (1962)	拉伸	10.3	—
Tyldesley (1959)	弯曲	75.8	131

三、牙体组织的剪切力学性质

剪切模量即剪应力与剪应变之比。在材料各向同性时，它有赖于弹性模量和泊松比，常用扭转试验确定或超声波测量推算。Renson 用扭转试验测定了矩形牙本质的剪切模量为 6.19GPa，剪切比例限为 60MPa，平均剪应变为 0.76×10^{-3}。Lees 等用超声波法推算了牛牙釉质的剪切弹性模量，牙釉质的剪切模量明显高于牙本质剪切模量（表 12-3-4）。

表 12-3-4 超声波测量的牙体组织力学性质(GPa)

作 者	材 料	弹性模量	剪切模量	体积模量	泊松比
Gilmore 等(1969)	牛牙本质(轴向)	21	8	18	0.31
叶德临(1985)	人牙本质	19.2	—	—	0.26
Reich 等(1967)	人牙釉质	76.5	29.3	65.3	0.3
Less(1968)	牛牙釉质	73.0	29.7	45.0	0.23
Gilmore 等(1969)	牛牙釉质(轴向)	74.0	30.0	46.0	0.23

四、温度与牙体组织力学性质的关系

口腔温度由于受摄取冷热食物的影响变化较大。牙体预备时亦存在温度变化。牙本质的有效表面能可能在口腔温度极值时发生不可逆下降。在 70℃ 胶原纤维亦发生不可逆改变。

牙本质的弹性模量和其他性质随温度增高而减小，减少的趋势在 0～80℃ 范围内为：

弹性模量 E (GPa) $=15.55-0.0734$ (T℃)；

比例极限 PL (MPa) $=198.2-0.8673$ (T℃)；

弹能 R (MJ/m^3) $=1.265-0.0051$ (T℃)；

压缩强度 CS (MPa) $=298.4-1.0988$ (T℃)。

其原因可能是由于牙本质内胶原纤维的弹性模量随温度改变而发生可逆的下降也可能是由于温度的升高使胶原纤维与羟基磷灰石微晶体之间的结合强度减弱所致。影响的机制，尚需进一步研究。

第二节 牙体组织的各向异性性质

一、牙体组织的各向异性弹性常数

对于牙体组织非各向同性性质的研究发现牙体组织的力学性质受试件所取部位和方向的影响，表现出各向异性（即物体内一点的各方向上力学性能不同，性能是方向的函数）和非均质性（即物体在各处有不同的性能，性能是位置的函数）。

当考虑牙体组织为完全各向异性的弹性材料，其力学性能要用 21 个弹性常数（elastic constants）来描述。牙体组织的结构情况允许对其进一步简化，即考虑其为横观各向同性体，弹性数简化为 5 个，表 12-3-5 为牙釉质及牙本质的刚度系数，表明了其各向异性性质。

表 12-3-5 牙体组织的刚度系数（GPa）

	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{33}	C_{44}	Density
Flurorapatite	143.4	44.5	57.8	180.5	41.5	
Hydroxyapatite	137	42.5	54.9	172	39.6	3.17
Enamel	115	42.4	30	125	22.8	2.9
Dentine	37	16.6	8.7	39	5.7	2.2
Bone	31	14.7	11.3	33	6.2	1.96

二、实验方法

测定牙体组织的弹性常数，可以用直接测量法（即静态或准静态试验），也可采用超声波法。Gilmore 和 Lees 将超声波声阻抗技术用于牙体组织的测定。此法是一种间接测量法，即通过测量超声波在试体中的传播速度和试件密度，求得试件的弹性模量：

$$C=\sqrt{E/P} \quad (1)$$

声阻抗是物质弹性与密度相关的特性：

$$Z=\rho C=\sqrt{\rho E} \quad (2)$$

只要测得了物质的声波传播速度或声阻抗，根据公式就可推算出各种模量。超声波测得牙体组织的力学数据高于其他手段所测，这是由于牙体组织特别是牙本质含有较高的有机质，具有粘弹性，而粘弹性物质的弹性常数很大部分依赖于应变速率。随变形速率的增加而增加。超声波测量即发生在最大可能应变速率即在物质中的声速，故其所测弹性常数很高。应该指出公式（1）是有局限性的，超声波在骨或牙体组织中传播的机制还不十分清楚。Yoon 等指出，超声波在生物固体材料如骨等中的传播，除了粘弹性作用外，可能还有其他的弥散机制。

第三节 牙体组织的断裂力学性质

断裂是牙齿较危险的一种失效方式。临床上，在牙齿充填修复时应着重考虑如何设计抗力形防止牙齿断裂。因此，许多学者运用断裂力学的理论和方法，研究牙齿的断裂过程和规律，分析牙齿断裂机制，测试牙齿断裂力学参数，探讨牙体组织结构与力学性质的关系，并对牙齿的断裂作定性定量估量，从而指导口腔临床修复设计，有效地防止牙齿断裂，并为口腔修复材料的研究提供有效的材料特性参数。断裂力学把牙齿看作裂致体，不是均匀的连续体。裂纹的存在，引起了牙齿的脆性断裂。目前牙齿的断裂力学研究主要从测定断裂功（W_f）、断裂韧性（K_{IC}）、临界应变能释放率（G_{IC}）及电子断口分析等四个方面进行。

一、牙齿断裂功

断裂功（fracture work）指在控制断裂条件下物体试件断裂形成一个新的单位表面所需要的功。断裂功法是测量在裂纹扩展期间所消耗的功的一种方法。常采用的是三点弯曲法。试件在恒变形率试验机上加载至断裂，然后计算断裂功，相当于 Griffith 理论中的裂纹表面能。牙釉质、牙本质试件根据解剖方法分别制备成两种断裂试件（图 12-3-1）：①试件长轴平行于釉柱或牙本质小管，试验时形成垂直断裂；②试件长轴垂直于釉柱或牙本质小管，试验时形成平行断裂。两种试件的断裂功值有明显差别，表明牙釉质和牙本质都是具有各向异性断裂性质的脆性材料（表 12-3-6）。牙釉质各向异性更为明显，平行釉柱方向加载易于断裂。牙本质各向异性较弱，垂直于牙本质小管方向加载易于断裂。两种断裂方式的断裂功值不同，可能是由于牙釉柱和牙本质小管结构及其周围组织不同所致。

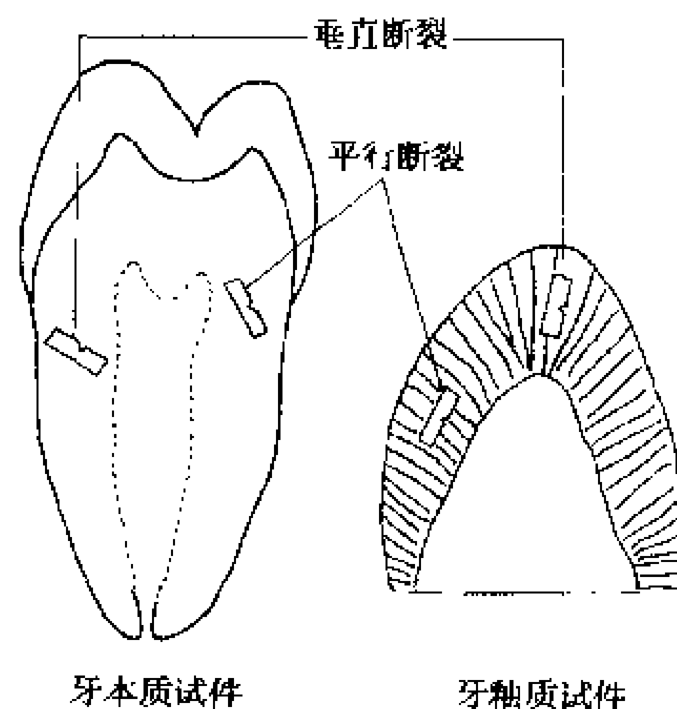


图 12-3-1 断裂试件

Rasmussen 等还研究了釉牙本质界的断裂，人为造成其断裂十分困难，断裂多发生在邻近的牙本质内，断裂面基本平行于釉牙本质界，约垂直于牙本质小管，属于牙本质垂直断裂，但明显高于其他部位的牙本质垂直裂。断裂面越靠近釉牙本质界，其断裂功值越高，可能在釉牙本质界达到顶点。

表 12-3-6 牙体组织的断裂功（W_f 值（J））

作 者	材 料	平行断裂	垂直断裂
Rasmussen（1976）	牙釉质	13	200
	牙本质	550	270
Rasmussen	牙釉质	15	190
（1984）	牙本质	410	247
Rasmussen	釉牙本质界		
（1984）	2mm 牙本质处		336

二、牙齿的断裂韧性

断裂韧性（rupter toughness）是断裂力学最重要的参数之一。K_{IC}和 G_{IC}都在断裂力学中代表断裂韧性、前者是在断裂力学场分析法时代表断裂韧性，表征材料抵抗裂纹扩展的能力。后者是在用 Griffith 能量分析法时表征材料的断裂韧性，二者完全对应和等价。

由于受牙齿大小的限制，不能制备标准的大尺寸试件。故其断裂韧性的测试常用非标准试样进行实验，用有关的 K_{IC}和 G_{IC}公式进行计算，或者用显微压痕法。Mowafy 用牙本质的紧凑拉伸试件（图 12-3-2）测定了牙本质的 K_{IC}和 G_{IC}（表 12-3-7），牙本质裂纹平行于牙本质小管方向。

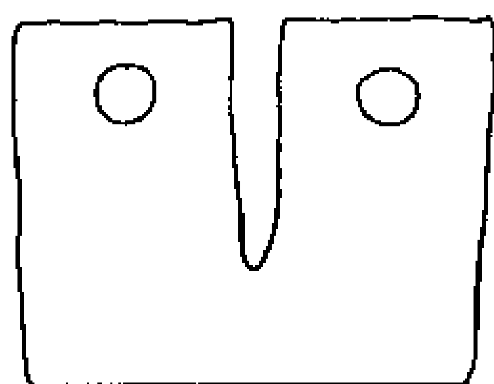


图 12-3-2 紧凑拉伸试件

表 12-3-7 不同材料 K_{IC}

材 料	K_{IC}（$MPa \cdot m^{1/2}$）
牙釉质	0.68～12.45
牙本质	30.20
汞合金	9.81～15.69
复合材料	5.88～19.61

Nassan 等用显微压痕法测定了牙釉质的断裂韧性 K_{IC}。显微压痕法是确定小批量脆性试件等裂韧性的有效而简便的方法。Nassan 用 Vicker 金刚压头在牙颈部、中部、切端加以 300g 和 500g 的负荷，然后测量压痕，计算出 K_C值．在其结果中不同牙的牙釉质、相同牙的不同区域的牙釉质的 K_C值存在一定变化，可能是由于牙釉质的钙化程度不同和超微结构韧性机制的影响。

Rasmussen 等比较牙釉质和牙本质的断裂韧性，尺寸和裂纹相同，根据 Griffith 公式：

$$\sigma \sqrt{\frac{EW_f}{c}}$$

推算出两种材料的临界断裂应力 σ，牙本质的临界断裂应力比牙釉质大 1.4～4 倍。

三、温度对牙齿断裂力学性质的影响

Rasmussen 等测试了牙釉质和牙本质从 0～70℃的断裂功，发现其有一定变化。当体温下降到 0℃时，牙本质断裂功表现有升高的趋势；当体温升到 70℃时，断裂功有降低的趋势。牙本质 0℃时的垂直断裂功是 70℃时的 2 倍。其平行断裂功 0℃时为 500J，70℃ 时为 340J。从强度的观点来看、这个变化没有多大意义，强度取决于断裂功的平方根。Rasmussen 等还对牙本质试件预热处理 70～100℃，然后在 37℃测其断裂功，立即测有一定变化，24～28 天后变化消失。说明牙齿的自然断裂不能解释为由于咀嚼冷热食物所致。

Mowafy 测试了牙本质 0～60℃ 的 K_{IC}和 G_{IC}值，温度对 K_{IC}几乎无影响，对 G_{IC}的影响较大，G_{IC}决定于 K_{IC}的平方值和弹性模量，而弹性模量则受温度影响较明显。

四、牙齿断裂过程的电子断口分析

用扫描电镜进行断口分析是目前进行断裂过程观察最常用的手段。断口如实记录了整个断裂过程的信息，可以帮助了解断裂原因和机制。

典型牙本质垂直断裂的扫描电镜图像观察到许多小孔，管周牙本质直径相同，小管的长轴与断裂面交角为 69°～90°。管周牙本质呈空心体，其磷灰石结晶之间结合强度较低。牙本质平行断裂图像差别较大，观察到管周牙本质的解离断裂（即断裂沿一定结晶学平面发生）。牙本质的各向异性性质取决于胶原纤维的方向性和空心状的小管。牙本质两种断裂方式的断裂功值明显不同，可能是由于牙本

质小管间的胶原纤维的方向性。胶原纤维网裂方式的断裂功值明显不同，可能是由于牙本质小管间的胶原纤维的方向性。胶原纤维网形成一个垂直于功值明显的平面，小管周围的基质包括胶原纤维钙化层，分裂该钙化层比裂容易，所以垂直断裂裂纹扩展经过其间所消耗能量较小，断裂功值低，而平行断裂则相同。

牙釉质的断裂功值与断裂面大小有关，可能由于釉质表面存在裂纹所致。从其平行断裂面观察到断裂发生在釉柱周围，平行于釉柱，叫晶间断裂（图12-3-3）。断裂面在釉柱之间有各种路径。垂直断裂面图极其粗糙，断裂面显示釉柱是强有力的实心整体，断裂并不垂直于釉柱长轴，而呈锥形断裂，锥尖指向釉牙本质界（图12-3-4）。釉质结构的晶体支架作为一个整体，在釉柱间，晶体的方向突变形成一个界线和很小的无晶体空间，另外有些区域存在较多的有机质，也可使晶体方向突变，是釉质的薄弱处。釉柱的锥形断裂说明有机质相对薄弱，支持Helmcke提出的釉柱晶体方向的模型。

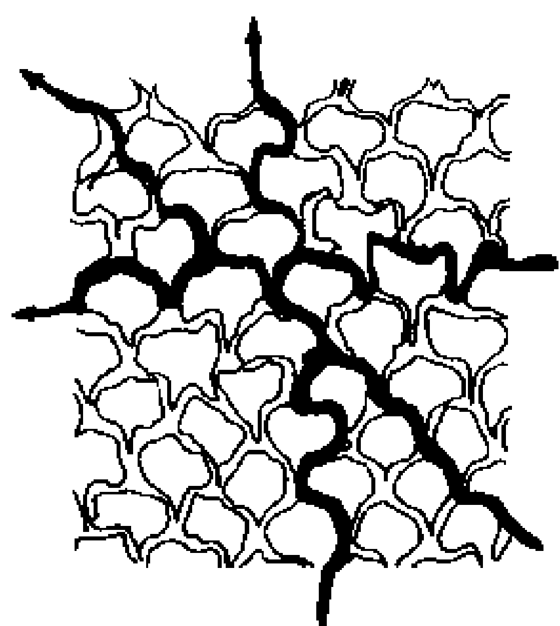


图12-3-3 晶间断裂

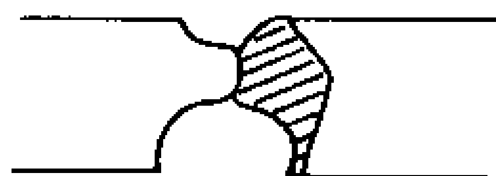


图12-3-4 釉柱的锥形断裂

Tyldesley对牙釉质、牙本质的断裂进行显微观察，发现断裂取决于所加应力的分布，而不是组织结构方向。试件的断裂发生在沿最大剪力线和主应力线。外力作用在牙齿组织结构薄弱处，更易产生应力集中，发生断裂。Reson用电镜观察到牙本质的两种断裂方式并存于一个断裂面，支持Tyldesley的观点。但是单用电镜判断材料各向异性或同性十分困难和局限，需结合其他手段。

五、牙齿的自然断裂

临床上常见牙齿的自然断裂。大静载或大冲击载可引起牙齿自然断裂，低载荷也可引起本身存在疲劳裂纹的牙齿自然断裂。重复的咀嚼负荷和冷热食物的循环温度刺激是引起牙齿疲劳破坏的原因。牙齿的自然断裂与实验室控制断裂既有相似之处又有不同的地方。

牙釉质的自然断裂主要是平行断裂。断裂的途径总是平行于釉柱的基本方向。垂直断裂仅局限于近釉牙本质界的区域。在这个区域，釉柱弯曲，扭绞形成绞釉产生韧性，阻止平行于釉柱的表面裂纹扩展穿过釉质，可增加釉质对咀嚼的抵抗力而不易被劈裂，起到保护作用。了解釉质的断裂特性在临床上有重要意义。

牙本质的自然断裂多为垂直断裂。Andreasen曾对33个切牙作过冲击破坏试验，从牙整体而言，牙本质断裂并不受组织结构方向的影响（图12-3-5）。牙本质的自然断裂方式受多种因素的影响：冲击体的能量形状；冲击方向；冲击点；牙支持组织的性质；牙齿几何形态的限制；牙的显微组织结构。在控制断裂时，牙本质表现为各向异性，但用自然断裂的方式则无法说明其性质的方向性。

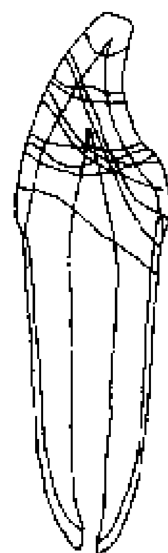


图12-3-5 牙齿的自然断裂

（陈新民）

第四章　牙周组织生物力学

第一节　牙周组织的结构和功能特征

牙齿周围的组织称为牙周组织，包括牙周膜、牙槽骨。从广义地讲也包括颌骨，特别是下颌骨。从功能来说牙周组织又称为牙齿支持组织。牙周膜、牙槽骨组织结构前面已叙述，本节仅叙述下颌骨的结构特征。

下颌骨（mandible）主要位于颜面部的下1/3，系颅骨中唯一能动者，是构成颞下颌关节的关键部分，由于下颌骨将颞下颌关节、牙齿与殆关系连成了一个统一体；下颌骨在行使口腔功能和下颌运动中起着主体作用，所以下颌骨是颅骨中最重要的骨骼之一。

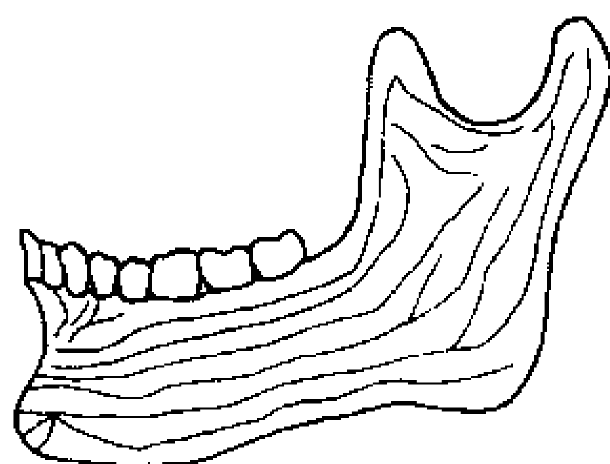


图 12-4-1　下颌骨

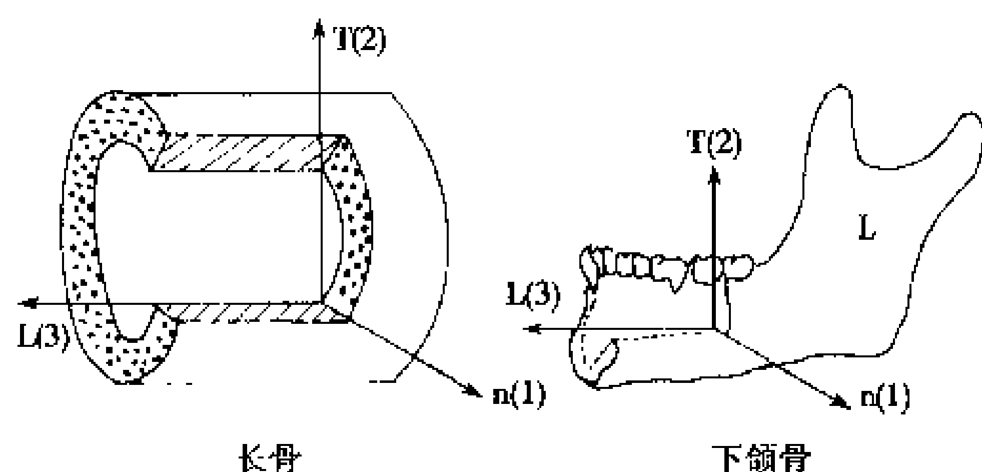


图 12-4-2　下颌骨与皮质骨定向结构
L 为轴向，T 为横向，n 为法向

（一）下颌骨的宏观结构

下颌骨呈弓形，十分像弯曲成马蹄形的长骨（图 12-4-1），可分为水平部（称下颌体）和垂直部（称下颌支）。下颌体具有内外两面和上下两缘，载有牙齿，由皮质骨、松质骨及牙槽骨组成。下颌骨附丽有众多的咀嚼肌，产生咀嚼力；牙列附着于颌骨上缘，参与颞下颌关节的组成，在咀嚼食物过程中，承受和传递力量。整个下颌骨如同一个生物杠杆，咀嚼肌为力点，颞下颌关节为支点，牙列与殆为重点，使下颌骨能承受很大的咀嚼压力，并经下颌支终于髁突传导至颅底。其松质骨骨小梁的排列方向与咀嚼压力相适应，排列成牙力轨道和肌力轨道传递咀嚼力，骨小梁的粗细胞与数目多少均与功能有关。在皮质骨有定向结构（图 12-4-2），表示合力方向，由胶原纤维走向决定，显示哈弗系统的伸展方向，构成受力支柱。

（二）微结构

下颌骨是复合体。典型皮质骨由哈弗系统、内外环骨板及间板构成。下颌骨的皮质骨凹凸不平、厚薄不均，一般在1.6～2.38mm之间。哈弗系统又称骨单元，平行于骨长轴，是皮质骨的基本加强单元和定向结构，长10～20mm，直径为200～250μm，哈弗管的直径一般在70μm左右，差别很大。每个哈弗系统都是从周边开始依次沉积形成骨板。在生长发育过程中，哈弗系统不断改变，其所占的百分比一般随年龄的增长而增大，而且各种骨骼由于各自的功能不同所占的比例亦有所不同。下颌骨由于萌牙、换牙及负荷的变更而变化活跃，骨单元相对减少，间板增多，出现骨的碎石般构造称角砾岩样结构，嵌合于骨单元之间，使之具有较强的抗弯能力和较大的硬度。表 12-4-1 是不同骨骼组织结构的构成百分之比，下颌骨的骨单元最少，间板最多。

表 12-4-1　骨的构成百分比（%）

作　者	骨种类	骨单元	间　板	骨单元残余	孔隙
Evans	股骨	45.7	36.6	11.3	9.4
	胫骨	34.15	48.69	8.24	8.92
	腓骨	34.61	47.91	12.81	4.67
陈新民等	下颌骨	30.60	56.62	9.42	3.36

(三) 超微结构

骨的基质干重约50%是无机物，主要为羟基磷灰石 [$3Ca_3(PO_4)_2Ca(OH)_2$]，是极小的晶体，电镜观察为针状或长条状，体积为40nm×25nm×3nm（长约20nm，横截面积为25nm²），位于胶原纤维的外侧，沿其长度方向排列，晶体的中心晶轴与胶原纤维的长轴平行。有机物主要为胶原纤维，直径为2～4μm，电镜下其结构与一般结缔组织相同，胶原分子为长链结构，排列成三重长螺旋结构，胶原纤维能抗拉伸，羟基磷灰石能抗压缩，二者联合构成坚实的胶原羟磷灰石纤维，具有良好的力学性能，形成骨的特殊硬度和韧性。

第二节 牙周组织的基本力学性质

一、牙周膜的拉伸和压缩性质

牙周膜是位于牙槽骨与牙根之间的被动纤维结缔组织结构，本身并不产生主动的运动，属于各向异性、非均匀性的粘弹性材料，具有支持牙齿，传递、吸收和分散殆力的重要力学功能。牙周膜的形态结构和力学性质是生理功能的基础。了解牙周膜形态结构和力学性质及其二者关系，对于口腔临床和口腔生物力学均具有重要意义。

表 12-4-2 牙周膜的力学性质

作 者	弹性模量（MPa）	强度（MPa）	泊松比
Bowen (1962)	9.8		0.45
Craig (1978)	3.45		0.45
Atmaram (1981)	34.3		0.45
Reinhrelt (1984)	68.9		0.45
Farah (1989)	6.9		0.45
陈新民等 (1991)	3.62 (T)	3.44	0.45
	0.45 (C)		

由于牙周膜特殊的解剖学特点，使牙周膜的力学性质研究十分困难。至今有关牙周膜力学性质的研究，报道不多，且各个学者测试得到的力学参数差异甚大，见表12-4-2。

牙周膜是生物软组织，其应力-应变关系是非线性的，并不服从正比关系的虎克定律，存在着弹性滞后、应力松弛和蠕变等现象，简单地用弹性模量来表达二者的关系会产生很大的误差。陈新民、赵云凤对新鲜牙周膜的应力-应变关系采用幂（指数）回归关系和划分区域表述更符合临床实际情况。

二、牙槽骨和下颌骨的拉伸和压缩力学性质

骨的力学性质取决于骨的材料及显微结构和全骨的形状。骨的形态和结构又取决于骨的功能。同时，骨的材料性质和形态结构又是骨功能活动的物质基础。所以，研究下颌骨及牙槽骨的力学性质，必须与其组织结构、功能分析结合起来。骨的结构，如哈弗骨胶原纤维的多少、哈弗系统的方向、大小、多少及间板的层数，皆与骨的力学性质有关。哈弗系统中央管的大小及钙化程度也影响骨力学性质。而这些骨结构的不同又与颌骨所支持的牙的功能活动有关，由此造成了其力学性质的差异以及解剖上的增强或薄弱环节。

人体下颌骨及牙槽骨的皮质骨各个方向的力学性质存在明显差异，近远中向的弹性模量和泊松比大于殆龈向，力学性质表现出较明显的各向异性和非均匀性，并且是长轴方向和周围方向变化的，弹性系数是方向的函数（表12-4-3，12-4-4）。下颌骨及牙槽骨皮质骨这种力学性质的方向性差异与其组织结构及生理功能有关。

表 12-4-3 人体牙槽骨皮质骨的拉伸力学性质测试结果（x±SD）

	唇颊面		舌 面		45°方向
	殆龈向	近远中向	殆龈向	近远中向	
新鲜骨 E (GPa)	11.65+0.85	16.88±1.85	11.77±1.29	18.36±1.88	14.23±1.27
ν	0.20±0.02	0.28±0.05	0.19±0.03	0.31±0.05	0.26±0.05
ρ (g/cm³)	1.93±0.08	1.90±0.07	1.95±0.05	1.96±0.04	1.93±0.07
防腐骨 E (GPa)	13.01±0.61	16.18±1.29	13.02±0.47	15.91+1.28	13.26±0.96

续表

	唇颊面		舌 面		45°方向
	龈向	近远中向	龈向	近远中向	
υ	0.22±0.04	0.28±0.05	0.24±0.04	0.27±0.04	0.26±0.05
P (g/cm³)	1.99±0.03	2.05±0.03	1.97±0.06	1.97±0.04	1.97±0.05
干燥骨 E (GPa)	13.56±0.98	18.20±1.29	14.38±0.98	20.07±1.43	16.95±1.16
υ	0.24±0.03	0.30±0.03	0.22±0.02	0.31±0.03	0.26±0.02
P (g/cm³)	1.84±0.03	1.81±0.03	1.88±0.03	1.86±0.04	1.85±0.05

表 12-4-4 人体下颌骨皮质骨的弹性模量（GPa）和泊松比

试件取向	E_L	E_T	$E_{45°}$	G_{LT}	υ_{LT}	υ_{TL}	$\upsilon_{45°}$	υ_{Tn}
	0°	90°	45°		0°	90°	45°	径向
新鲜骨	18.82	12.78	14.34	5.54	0.30	0.21	0.29	0.37
防腐骨	17.12	12.84	13.23	5.05	0.28	0.21	0.31	0.36
干燥骨	19.27	14.27	15.77	6.07	0.31	0.23	0.30	0.38

第三节 下颌骨和牙槽骨的各向异性性质

一、下颌骨的各向异性性质

人体下颌骨在力学性能方面表现为各向异性，并且沿着其长轴方向和周围方向变化。骨的本构方程可用线弹性各向异性体的本构关系表述：

$$\sigma_i = C_{ij}\epsilon_j$$

$$\epsilon_i = S_{ij}\sigma_j \qquad (1)$$

式中，$\{\sigma_i\}$、$\{\epsilon_i\}$ 为应力、应变列阵；[C]、[S] 为刚度矩阵、柔度矩阵。C_{ij}（i，j=1，2…，6）是一类表征弹性体弹性特性的系数，称为刚度系数；S_{ij}（i，j=1，2，…，6）是另一类表征弹性体弹性特性的系数，称为柔度系数。考虑下颌骨皮质骨是正交各向异性的弹性体，可用9个独立的弹性常数描述其力学性质（三个弹性模量：E_1、E_2 和 E_3，六个泊松比：υ_{21}、υ_{31}、υ_{32}、υ_{12}、υ_{13} 及 υ_{23}）。研究表明，皮质骨的组织结构可进一步简化，即将其看作横观各向同性体。由于 $E_1 = E_2$，$\upsilon_{21}=\upsilon_{12}$，$\upsilon_{31}=\upsilon_{32}$，$\upsilon_{32}=\upsilon_{13}$，独立的弹性常数减少为5个：$E_3$，$E_1$，$\upsilon_{31}$，$\upsilon_{23}$ 及 υ_{21}。

下颌骨皮质骨是一种各向异性的复合生物材料，其力学性能在各个方向表现不同，性能是方向的函数。弹性常数随方向角呈一定规律性变化。新鲜下颌骨皮质骨的各向异性常数 e 值为1.21，高于各向同性材料。可用复合材料力学方法，将其作为横观各向同性或正交各向异性材料来研究（表12-4-5，12-4-6，12-4-7）。

表 12-4-5 人体下颌骨皮质骨的工程常数

作者	骨类型	测量方法	假定对称	$E_{1(GPa)}$	$E_{2(GPa)}$	$E_{3(GPa)}$	$G_{12(GPa)}$	$G_{13(GPa)}$	$G_{23(GPa)}$	υ_{12}	υ_{13}	υ_{23}	υ_{21}	υ_{31}	υ_{32}
Ashman	新鲜	超声波	正交各向异性	10.8	13.3	19.4	3.81	4.12	4.63	0.309	0.249	0.224	0.381	0.445	0.328
陈新民等	新鲜	力学试验	横观各向同性	12.78	12.78	18.82	4.67	5.56	5.56	0.369	0.205	0.205	0.369	0.302	0.302
陈新民等	防腐	同上	同上	12.84	12.84	17.12	4.72	5.03	5.03	0.360	0.210	0.210	0.360	0.280	0.280
陈新民等	干燥	同上	同上	14.27	14.27	19.27	5.17	6.10	6.10	0.380	0.231	0.231	0.380	0.312	0.312

注：第一方向为法向，第二方向为横向（切向），第三方向为轴向

表 12-4-6　人体下颌骨的刚度系数（GPa）

作　者	骨类型	C_{11}	C_{22}	C_{33}	C_{44}	C_{55}	C_{66}	C_{12}	C_{13}	C_{23}
Ashman	新鲜	15.90	18.80	27.10	4.63	4.12	3.81	8.33	9.79	9.79
陈新民等	新鲜	17.26	17.26	23.42	5.56	5.56	4.67	7.93	7.61	7.61
陈新民等	防腐	17.01	17.01	20.98	5.03	5.03	4.72	7.57	6.88	6.88
陈新民等	干燥	20.16	20.16	25.11	6.10	6.10	5.17	9.82	9.36	9.36

表 12-4-7　人体下颌骨的柔度系数（TPa）

作　者	骨类型	S_{11}	S_{22}	S_{33}	S_{44}	S_{55}	S_{66}	S_{12}	S_{13}	S_{23}
Ashman	新鲜	92.59	75.19	51.55	215.98	242.72	262.47	−28.61	−22.94	−16.84
陈新民等	新鲜	78.27	78.27	53.12	179.73	179.73	214.27	−28.88	−16.04	−16.04
陈新民等	防腐	77.88	77.88	58.41	198.69	198.69	211.82	−28.04	−16.35	−16.35
陈新民等	干燥	70.08	70.08	51.88	164.07	164.07	193.42	−26.63	−16.19	−16.19

下颌骨皮质骨是一种多相的复合生物材料，主要由羟基磷灰石和胶原纤维组成。羟基磷灰石的轴向弹性模量为 165GPa，胶原纤维为 1GPa，下颌皮质骨为 18.8GPa，界于二者之间，但其力学性能比二者都好，既能避免硬材料的脆性破坏，又能避免软组织的过早屈服。用复合材料力学的一般方法对二者简单的体积浓度的线性叠加为基础的复合计算并未达到预报力学性能的目的。针对这个问题，不少学者提出利用各种模型来解释。可见，研究骨的生物力学性能，必须寻求其力学性能的结构因素。

下颌骨的皮质骨是非均质复合生物材料。骨的各处有不同的力学性能，性能是位置的函数。但在实际研究中，确定的往往是某一结构层次的平均力学性能。

下颌骨皮质骨也是增强型的粘弹性复合生物材料，用式（1）作为其本构方程，似乎过于简单，所以有学者考虑到骨的线性粘弹性性能，认为骨的应力-应变关系可表达为：

$$\sigma_{ij}(t) = \int_{-\infty}^{t} C_{ijkl}(t-\tau \cdot \varepsilon_{kl}) \frac{d\varepsilon_{kl}}{d\tau} d\tau$$

此式重视了与时间相关的粘弹性性能，却忽略了骨的复合材料特点。总之，骨的力学研究，要求用复合材料力学方法，同时应考虑其粘弹性和胶原纤维增强的特性。

二、牙槽骨的各向异性性质

在牙槽骨皮质骨的力学分析中，近远中间、殆龈向和颊舌向相当于轴向、横向和法线方向即弹性主方向。由于其皮质骨很薄，与法线方向有关的应力分量与其面内（轴向、横向坐标面）的应力分量相比很小，故忽略不计。将力学分析简化为广义平面应力问题来建立应力应变关系。牙槽骨皮质骨的工程常数见表 12-4-8，牙槽骨的刚度和柔度系数见表 12 4-9。

表 12-4-8　牙槽骨皮质骨的工程常数测试结果

	新鲜骨	防腐骨	干燥骨
E_L (GPa)	17.620	16.051	19.133
E_T (GPa)	11.726	13.012	13.972
V_{LT}	0.295	0.279	0.305
V_{TT}	0.196	0.225	0.227
G_{LT} (GPa)	5.648	5.267	6.676

表 12-4-9　牙槽骨皮质骨的刚度和柔度系数测试结果

	刚度系数				柔度系数			
	Q_{11}	Q_{12}	Q_{22}	Q_{66}	S_{11}	S_{12}	S_{22}	S_{66}
新鲜骨	18.701	3.668	12.446	5.648	56.754	−16.729	85.281	177.054
防腐骨	17.126	3.863	13.884	5.267	62.301	−17.337	76.852	189.861
干燥骨	20.556	4.662	15.011	6.676	52.266	−16.094	71.572	149.790

人体牙槽骨皮质骨的力学性质与下颌骨皮质骨相同，各个方向存在明显差异。

第四节 下颌骨的强度及断裂

一、下颌骨的强度

强度是骨的重要力学性能之一，指负荷未达到骨折时骨内所承受的最大应力，表现为抗拉、抗压、抗弯、扭转、剪切及联合载荷的强度。影响骨的强度的因素很多，如测试形式、试件形式、组织学特征、应变率、骨的方向、年龄、试件的贮存加工等。一般说：①骨的强度是非均匀的，不同骨骼及其不同部位的强度是不同的；②骨的强度是各向异性的，随加载方向与骨长轴之间的夹角变化而变化，以骨轴向强度为最大、横向强度最低；③骨的强度随各人的年龄增大而减小；④骨的强度因骨的结构不同而异，如松质骨与皮质骨、哈弗骨与板层骨都存在明显的差异。例如，在哈弗系数的数目与拉伸强度之间有一个相反的关系，产生这个结果的原因，是具有较大的中心管道及较低的钙化程度的次生骨单位所引起的减少骨质量的综合作用。

盐田重利对比测量了新鲜人体下颌骨与股骨的弯曲强度，前者为180.4MPa，后者为184.6MPa。陈新民等测试了新鲜人体下颌骨各个方向的拉压强度，压缩强度轴向为112MPa，横向为88MPa；拉伸强度轴向为80MPa，横向为45MPa。

人体下颌骨的强度可以用Tsai-Wu强度理论进行分析，从纤维复合材料的观点来看，基体材料是较脆弱的。在压缩情况下，断裂平面的方向一般与载荷成60°的角，为斜形骨折，类似Rosen对单向纤维复合材料描述过的一种剪切压缩破坏类型。骨的扭转破坏，亦是沿着骨结合线的剪切破坏。在骨试件轴向拉伸破坏中，破坏面垂直于轴向载荷的平面上，其实是骨单元脱钩，表现为横向骨折。总之，板层间的区域或骨结合线是骨中力学上主要的脆弱处。

二、下颌骨的断裂

骨是多孔结构，属于裂纹体，其断裂力学性呈各向异性。对骨的研究，应考虑到骨原有的裂缝和缺陷。裂纹或缺陷的存在，促使了骨材料在外力作用下可能发生断裂，缺陷及骨显微组织的空洞增加了对裂纹的敏感度。所以骨的密度和显微组织明显影响了骨的断裂力学性质。Twright的骨断裂实验证明，密度增加5%，能使断裂韧性增加30%；骨密度减少，则使骨的寿命降低。

不少学者通过测量骨裂纹扩展所需要的能量，研究骨中裂纹的扩展。低应变率产生低裂纹扩展速度；较高的应变率可得到较高的裂纹扩展速度。断裂应力 σ_f 与裂纹长度 C 之间存在一定的关系（图12-4-3）。按照断裂力学的观点，临界应变能释放率等于裂纹扩展单位长度的能量，表示引起裂纹扩展所需的力依赖存在于骨中应力引起的能量。

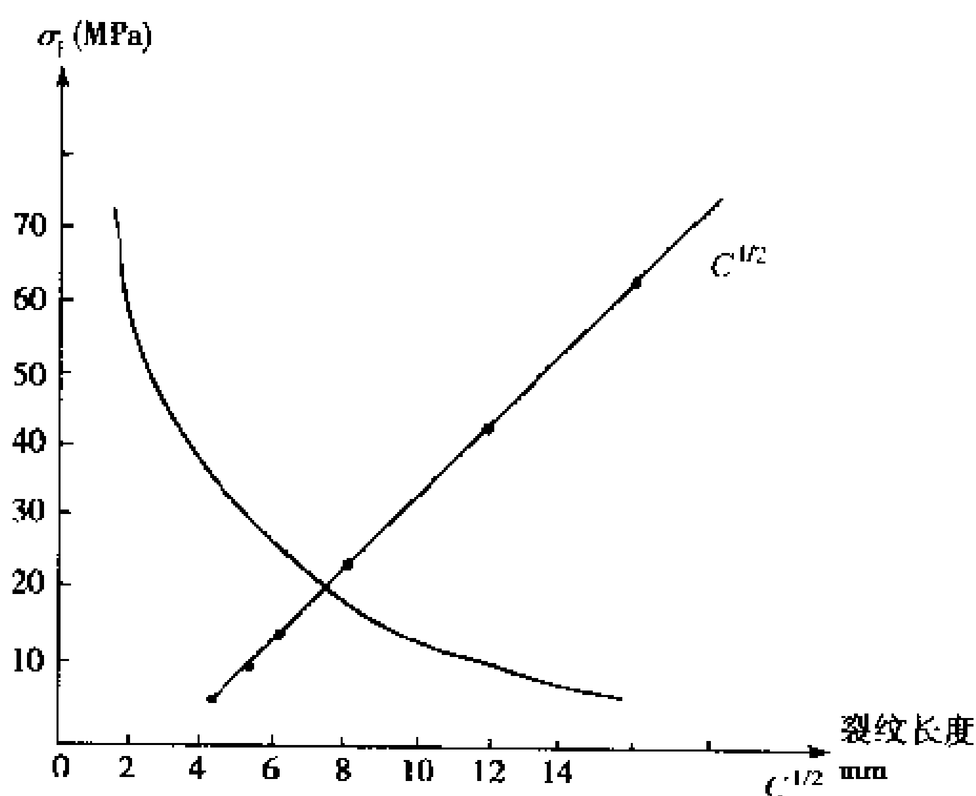


图12-4-3 应力与裂纹长度关系曲线

第五节 应力应变与牙周膜细胞代谢

牙周膜是位于牙根与牙槽骨之间的结缔组织，不断承受、支持、传递和分散牙齿传来的船力，并在船力的作用下，引发和激活其内部各种效应细胞的生物代谢活性，从而影响其塑形和改建。进入90年代以来，开始有学者体外培养人体牙周膜细胞，建立精确模拟人体牙周膜受力情况的加力装置如静压装置、动态压力装置，静拉装置，动态应变系统等，选择不同的应力值、不同的应变率、不同的加载时间及不同的加载频率，探索机械力学刺激与牙周膜细胞生长代谢的关系，其中研究较多的为牙周膜成纤维细胞。

机械应力作用可以导致细胞及细胞骨架发生改

变，这在人体一般软组织细胞如红细胞、内皮细胞等的研究中已经得到证实。Giannopoulou的研究发现人牙周膜成纤维细胞可表达多种骨架蛋白，Nakago-Matsuo对人牙周细胞加压20～50mmHg后发现，数秒内其外形可由原来的长梭形变为三角形或星形。细胞骨架的改变可导致形态的改变，细胞形态的改变可引起细胞功能的变化，从而导致一系列的生化反应变化。

机械应力作用还可明显影响人牙周膜成纤维细胞的代谢。有学者发现牙周炎病人的龈沟液中的白细胞介素-1明显增高，提示其参与了炎症过程。Shimizu发现高拉伸应变（9%～18%）作用下，人牙周膜成纤维细胞白细胞介素-1β的合成显著增加。白介素-1可促使前列腺素以及其他一些骨吸收因子合成，提示白介素-1可能是引起牙槽骨吸收的重要因素之一。

前列腺素2（prostaglandins PGE_2）亦是一种重要的骨吸收刺激因子，可刺激破骨细胞等的形成，是牙周组织改建的重要作用因子。Ngan和Yamaguchi在对牙周膜成纤维细胞作牵引应变试验中发现，牙周膜成纤维细胞PGE_2的合成与机械力有一定的量能和时间效应关系。

Yamaguchi和Matsuda还分别研究了牵引力作用人牙周膜成纤维细胞碱性磷酸酶的活性及变化水平，但两位作者的研究结果相反，但都证实人牙周膜成纤维细胞具有较高的碱性磷酸酶活力，在外力作用下呈较大范围波动，说明牙周膜成纤维细胞通过碱性磷酸酶积极参与了细胞成骨与牙槽骨改建活动。

还有学者发现殆创伤时牙周膜受到巨大机械应力，其纤维蛋白酶原活化因子（PA）水平明显升高，提示是否PA活化因子激活胶原酶而降解细胞外基质。

关于人牙周膜细胞如何接受机械力学信号，并转化为生物信号，并导致一系列生物学反应，引起代谢的改变，造成对生长改建的影响，至今机制尚未清楚。尽管如此，我们仍可认为牙周膜细胞的变异始于局部起作用的媒介及周围环境发出的信号，这种媒介可以是力学的或者化学的，这种信号也可以是机械的或者生物的，不能忽视力学因素对细胞代谢的影响，但也不能任意过高估计力学因素的重要性，而忽视其他可能是更重要的因素对细胞代谢的影响。

（陈新民）

第五章　颞下颌关节的生物力学

第一节　颞下颌关节负重的生物力学

一、颞下颌关节是负重关节

在口颌系统的功能运动中，颞下颌关节（temporomandibular joint，TMJ）是否承受负荷，一直是一个有争议的问题。近20年来有关其解剖、临床和生物力学的研究结果证实，TMJ是负重关节。

（一）临床和解剖学依据

临床发现，颞下颌关节软、硬组织的改建会导致髁状突典型的形态改变。动物实验结果也证明，关节功能负荷改变主要引起软组织的适应和改建。McNamara和Carlson（1979）报告，使用咬合板引导恒河猴下颌处于前伸位，会导致髁状突软骨层和增殖层细胞明显增生。TMJ的改建活动或退行性病变多见于关节结节的后外侧斜面和髁状突的前外侧斜面。成年人关节盘的外侧份出现变薄，盘后组织出现纤维化的现象，这些改变在儿童时期并未出现，说明在长期的功能运动中，关节不断地受到力的作用。功能负荷是引起成人TMJ改建和退行性病变的最重要因素。在关节长期功能中，髁状突反复的侧向移位，如咀嚼运动等，可产生向外的压力，作用于关节盘和关节窝软骨，结果出现相应处软骨的改建。轻微的周期性力的作用引起髁状突、关节盘、关节窝表面的进行性改建以更好地适应功能变化，但如果受到反复的较大负荷的压力，可引起关节软骨的退行性改建而导致关节退行性变。临床上常见后牙缺失、𬌗重度磨耗及夜磨牙症患者，其髁状突形态多有改变，并伴有软骨的退行性变。

解剖学的研究发现，下颌骨牙槽窝底部周围骨松质排列成一定方向，形成牙力轨迹，通过下颌升枝达髁状突，说明髁状突是关节的承力区。

（二）生物力学研究结果

有关颞下颌关节受力情况的研究多在动物和实验模型上进行。

Inuzuka（1998）在动物实验中，通过手术暴露猴的TMJ，并把微型陶瓷传感器包埋在猴的髁状突表面，直接测定了关节所能承受的负荷以及关节负荷值在不同咬合状态下的变化。在最大开口位，最大压力值为0.293MPa；在咀嚼过程中，最大压力均值为0.062MPa。Hylander和Bays（1978，1979）通过应变片实验得出类似结论，并认为在咀嚼和咬传感器过程中，平衡侧关节承受更大的负荷。Mongini对最大牙尖交错位和单侧咬合时髁状突的应变情况进行了研究，实验中将应变片贴在干燥的下颌骨髁状突后斜面，然后将下颌骨与复制的对颌牙弓和关节窝咬合，模拟升颌肌，分别在牙尖交错位和单侧咬橡皮垫时施加载荷，结果证明颞下颌关节承受负荷，且平衡侧髁状突的应变值明显大于工作侧。

在研究颞下颌关节的应力分布方面，光弹实验和有限元法被广泛应用。Mongini等（1984）使用10个牙列完整的下颌骨，通过光弹实验发现，下颌骨有典型的主应力分布方向，且与下颌骨X线片上骨小梁分布相似；下颌升支应力分布与髁状突的大小和方向有关。三维光弹应力分析证实了下颌骨单侧或双侧受力时都有四个明显的应力轨迹，即①从下颌角经升支后缘达髁状突；②从磨牙下区经体部斜向上达髁状突；③经牙槽嵴向上再经升支前缘达喙突；④喙突与髁状突之间的乙状切迹，但单侧受力时工作侧的应力增加。尽管牙周组织和咀嚼肌能吸收部分应力，但毫无疑问，髁状突是下颌骨应力轨迹的终点。髁状突颈部的应力集中且方向单一，这是由于髁状突颈部较厚的皮质骨是其力学基础。Teng等（1995）对猪下颌骨髁状突的压缩力学性质和骨小梁结构进行了研究，认为髁状突前面和下面的压缩刚度和压缩强度最大，其原因与骨密度值大小有关，髁状突的负重方式影响骨小梁大小、数量及排列。

Chen和Xu（1994）建立了颞下颌关节的二维有限元模型来研究关节内部在下颌髁状突移位中所产生的应力和反作用力分布，分析了关节盘内最大

主应力和 Von Mises 应力，髁状突和颞骨关节面的接触应力以及髁状突的反作用力。结果表明髁状突的反作用力直接指向有较强骨支持的关节结节后斜面。高应力区位于关节盘的上、下界面，最大压应力为 12.07MPa，位于关节盘接近上、下界面的后部；最大拉应力为 3.97MPa，位于关节盘中部上界面区域。由于盘纤维抗拉伸能力较弱，盘中部的拉应力可导致关节盘穿孔。在不可复性盘前移位，由于关节盘前移，可使关节承受更大的负荷，作用力将向着关节窝，而该处的骨支持较弱，易造成关节内部力学环境的改变、导致关节组织的破坏，这和临床观察的情况是一致的。

二、殆型对髁状突受力的影响

Wolff 认为，在体骨将随其所承受的应力和应变而改变。在生长发育过程中，由肌肉收缩产生的力作用于相关的骨和关节，决定了骨和关节的内部结构和外部形态。由于骨小梁是松质骨的抗力结构，其空间分布和密度大小与所承受的力的方向和大小有一定关系，从力学角度考虑，咬合关系不同，髁状突骨小梁的分布和排列不同，颞下颌关节承受负荷的方式也不一样。

安氏Ⅰ类、Ⅱ类开殆和深覆殆者的殆、颌、面形态结构并不相同，咀嚼肌的功能、解剖和组织化学的特点也各异，对颞下颌关节的形态结构会有不同的影响。对安氏Ⅰ类正常者的 X 线研究发现，从矢状面观，骨小梁从髁状突前斜面向后下方排列，但在颈部稍不明显，且与髁状突颈长轴平行；从冠状面观，骨小梁垂直向排列，在髁状突中份的骨小梁较致密，颈部骨小梁与长轴平行排列。骨小梁的这种排列方式说明了髁状突所承受的负荷方向自前上至后下，从冠状面观受力方向也与髁状突前斜面垂直。在咀嚼功能中，工作侧髁状突向后向外运动，非工作侧髁状突带动关节盘沿关节结节后斜面向前、下、内滑行，非工作侧髁状突承受了近 80% 的关节反作用力。在咬切功能状态，盘突复合体沿关节结节后斜面向前向下滑行，髁状突前斜面、关节盘、关节结节后斜面共同组成功能单位发挥切割作用，此时髁状突承受了最大的压力负荷，其受力方向与髁状突前斜面相垂直。

Ⅱ类开殆患者的下颌髁状突和髁颈的骨小梁不如Ⅰ类明显，且没有明确的方向性，骨小梁分布较稀疏。说明Ⅱ类开殆患者的颞下颌关节功能不同于Ⅰ类，在咀嚼中承受较小的压力。临床和实验研究证实，在咀嚼功能中，Ⅱ类患者的髁状突相对位于关节窝的后位，患者并无切割功能，因此髁状突承受的负荷就明显减小。临床上常见年轻Ⅱ类开殆患者的后牙牙尖都出现严重磨损，而成年患者的切牙却无磨损，说明Ⅱ类开殆很少做切向滑行运动。Ⅲ类患者下颌功能情况与Ⅱ类开殆者相似，也无切向滑动，髁状突骨小梁排列方式也相似。

Ⅱ类深覆殆患者的侧位 X 线片显示，髁状突有两个主骨小梁群分布，即骨小梁从髁状突前斜面向后向下、从髁状突中分垂直向下排列。冠状面观，有三群致密的骨小梁排列，即从髁状突的内、外侧和中份垂直向下，髁颈致密的骨小梁与其长轴平行。反映出Ⅱ类深覆殆患者关节承受的咀嚼压力较Ⅰ类更大，方向更垂直于关节表面。临床上可见，Ⅱ类 2 分类患者，切牙常发生重度磨损，后牙区殆间距离变短，咬肌功能代偿性增大，咬合力较高，因此颞下颌关节承受的负荷也更大，容易导致颞下颌关节疾病的发生。实验研究也证明，Ⅱ类深覆殆者咀嚼肌肌电活动增加，咬合力增大。

三、颞下颌关节对应力的反应

不同的咬合关系、后牙缺失、后牙磨耗及年龄等都可影响下颌的功能负荷状况，进而影响关节的受力。关节内不同的应力状况可引起关节软硬组织的改建与形态改变，甚至关节组织的退行性变，这种组织改建和形态的改变即为关节对应力的反应。

（一）颞下颌关节组织对应力的反应

颞下颌关节的发育在 20 岁左右完成，但由于承受不同的功能负荷，其软硬组织将终生发生变化，称之为改建。改建可分为进行性、退行性和周缘性三种。

1. 关节硬组织的改建　骨的改建是一个由破骨细胞吸收骨组织，继之以同心板层状骨沉积，以继发骨单位替换原始骨的过程。改建的结果可使骨的内部结构或外部形态发生变化。轻微的周期性力的作用能引起关节组织表面的进行性改建以更好地适应功能的变化，但负重过大或承载过久，则改建停止，代之以骨的退行性变，导致关节结构和功能的破坏。

Moffett 等在 38 具 55～81 岁的尸体关节上发

现，进行性改建常发生在关节结节内侧份和髁状突前份；退行性改建发生在关节结节外侧份和髁状突后份。肌肉牵引、下颌移位或系列拔牙都能引起骨的改建，它可以发生在任何年龄段中。Mongini（1984）研究发现下颌髁状突的改建指数在18～25岁时急剧上升，以后相对稳定。改建发生在前后方向，上方较少涉及，改建的结果常使髁状突变平，骨小梁的排列垂直于改建活跃的区域，髁状突形态的改变取决于改建分布的区域和范围。

2. 关节软组织的改建　颞下颌关节的软组织包括结缔组织层、增殖层和纤维软骨层，被覆在骨组织表面，在髁状突前份和关节结节后斜面及下方较厚，最厚处可达0.5～1.0mm，出生后最为明显，后随年龄增长和口腔功能加强而逐渐变薄。正常关节面是光滑的，扫描电镜下可见浅的凹陷和小窝。关节软组织的改建是由于关节的生物力学负重刺激增殖层细胞增殖、分化形成软骨所致。软组织厚度的改变可引起肉眼可见的形态变化。关节表面的微小变化可由关节软组织层的改变形成，也可能是其下方骨组织退行性变的结果。关节盘组织中无增殖层存在，其改建活动被动适应于关节窝与髁状突的形态，并与关节的功能状态有关。

由于颞下颌关节能终生适应功能的需要而发生软硬组织的改建，因此，这是临床上有关咬合治疗、正畸、殆功能重建的依据之一，但这种改建必须是渐进性的，任何急性殆的改变过程如正畸加力过快，殆高度修复不当、殆干扰等均会导致改建异常，出现关节形态的改变甚至退行性变。

（二）颞下颌关节的形态改变和关节退行性变

关节的形态改变（deviation in form，DIF）是关节改建的结果，如关节软组织层增殖，髁状突变平或变大，关节盘周缘变薄，关节表面凹凸不平等。DIF持续进行和关节组织增殖能力的下降可导致关节表面破坏，深层骨组织吸收或增生，这一过程称为关节的退行性变（degenerative joint disease，DJD）。DIF主要表现在关节外侧，髁状突的变化多于关节窝，DIF使关节外侧软组织增殖；关节盘外侧缘变薄，这是由于组织功能运动改变和负重变化而被动适应的结果。DIF和DJD的发生与关节结构的生物力学负重反应能力和增殖层细胞的反应活性有关，增殖层细胞的存在是关节结构的保护性因素。后牙缺失、牙列重度磨损、殆型异常等能引起颞下颌关节负重改变的因素均可使髁状突发生DIF，进而引起功能障碍。关节的负重状态改变，使关节内应力分布不均匀或应力过分集中，如不加治疗，可发展成为DJD。负重过大（如夜磨牙症）或因代谢及全身因素等造成关节组织承载性能下降，会造成关节组织内部的生物化学改变，使基质受损，软骨和骨结构异常，并出现继发性病变。

四、颞下颌关节负重的理论分析

对颞下颌关节负重的研究，由于应用直接测量技术的难度较大，长期以来，许多学者采用数学、力学和工程学的原则和方法建立数学和力学模型，进行关节负荷的计算，从理论角度对颞下颌关节的受力特点进行分析。

（一）生物力学杠杆分析

组成人体运动系统的三个部分：骨、肌肉和关节可以看为是杠杆系统，坚硬的骨相当于一根硬棒，在肌肉拉力作用下绕关节轴（支点）作用，并克服阻力而作功。人体口颌系统中，下颌功能系统也是一个生物杠杆体系，在下颌运动和咀嚼运动时，咀嚼肌为力点，食物和下颌骨为重点，髁状突可看作支点，所受负荷或应力的大小，主要取决于咬合点的位置。咬合点不同，则杠杆的重点不同，杠杆类型也不相同。在闭口运动中，颞肌后束牵引喙突为力点，以下颌孔神经区为支点，下颌体为重点形成Ⅰ类杠杆。右侧磨牙区咀嚼食物，右侧磨牙区为重点，右侧闭合肌群为力点，左侧关节为支点，形成Ⅱ类杠杆。前牙咬切食物，切牙区为重点，闭颌肌群为力点，关节为支点，形成Ⅲ类杠杆。从冠状面分析，右侧磨牙区咀嚼食物，右侧磨牙区为重点，右侧闭颌肌群为力点，左侧关节为支点，形成Ⅱ类杠杆；另一方面，则以右侧为支点，形成Ⅲ类杠杆。在咀嚼运动的末期，常有Ⅱ、Ⅲ型杠杆的相互转换。

根据杠杆平衡原理，关节负荷可用下式计算：$F_M \times d_M = F_R \times d_R$，且 $F + F_R = F_M$ 其中，F_M 为肌力，d_M 为力臂长，F_R 为重点阻力，d_R 为阻力臂长，F 为关节支点负荷。

（二）二维或三维静力模型分析

在颞下颌关节静力分析中，下颌骨为刚体，根据静态平衡原则，在二维或三维座标系中，对关节进行力的向量分析。肌力、负荷和关节载荷作为点

载荷，颞肌、咬肌等咀嚼肌简化为力向量，方向由肌纤维起止点的质心确定，并通过限定一些条件和假设，以力、力矩、平衡方程式计算关节承载的大小和方向。在此模型中，咬合力的大小和方向可以通过力测量方法直接测量，力矩臂长度可以在定位头侧片上估测，但肌力大小的估测较为复杂。

1. 肌力大小的估计　由于明确估计肌力大小要受到肌纤维结构本身（如数量、质量、长度）、力学因素（肌肉起止点位置、肌拉力角、收缩速度等）、神经肌肉以及全身状况的影响，对咀嚼肌力的大小目前仍多为生理横断面积估测或生理横断面积与肌电图结合估测方法，李松龄提出我国绝对肌力的正常范围为 49.0～78.5N。Faulkner 等（1989）将所有咀嚼肌力值总和定为 100 单位，除翼外肌外，测量计算出了双侧和单侧咬合时咀嚼肌力的相对大小值。

2. 肌力方向　估测颌骨肌力方向的简单方法是利用肌肉起止点质心连线，或者利用头颅侧位片的明显标志。Carlsoo 采用了参照肌肉横截面和每部分肌纤维长度及羽状角估测肌力向量的复杂方法。尚未发现有关准确测量颌骨肌力方向的实验研究，许多研究结果是根据设想的生物力学理论任意选择升颌肌的方向得出的，但都缺乏有关实验数据的支持。

3. 二维静力模型　Throckmorton（1985）建立了下颌骨二维坐标模型，根据平衡条件：$\Sigma X=0$；$\Sigma Y=0$；$\Sigma M_O(F)=0$

可推导出平衡方程：
$$\begin{cases} F_{JV}=F_M\sin\theta_m-F_B\sin\theta_b \\ F_{JH}-F_M\cos\theta_m-F_B\cos\theta_b \\ F_J\cdot d=F_M\cdot d_m \quad F_B\cdot d_b \end{cases}$$

其中，F_J 为关节载荷，V 为垂直分量，F_M 为咀嚼肌力，F_B 为咬合力，d 表示力矩臂长度，则关节反作用力的合力 F_J 及其方向 Φ 可表示为：

$$F_J=(F_{2JV}+F_{2JH})$$

$$\Phi=\arcsin(F_{JV}/F_{JH})$$

（三）有限元分析

Iwata 等（1981）和 Korioth 等（1992）建立了全下颌骨包括颞下颌关节的有限元模型，并假设关节盘与髁状突、关节盘与关节窝界面之间无滑动，肌力用力分量来表示，但这些模型并不能反映关节内部的真实情况。Chen 和 Xu（1994）年建立了二维人体颞下颌关节有限元分析模型，用来计算关节内力学环境的变化。在该模型中，对关节盘移位，盘内应力分布，髁状突和颞骨关节面上的接触应力分布以及髁状突反作用力等力学参数进行了研究。

1. 有限元模型的建立　有限元模型根据颞下颌关节的解剖来建模，包括髁状突、关节盘、关节结节和关节窝等骨性结构，以及下颌前附着和盘后附着区，由于关节盘的运动主要受髁状突和关节窝的机械限制，模型并未包括翼外肌附着部分。假定各骨性结构为刚体，关节盘为弹性体，关节盘与各骨性结构间存在上下两个界面。韧带附着用非线性弹簧来表示，按相应韧带横断面积的大小，盘后附着区上板、下板和下颌前附着的弹簧数之比为6∶5∶4，共划分 1585 个单元。用磁共振成像技术监测髁状突的移位，进行模型运算。

2. 模型分析结果　关节盘上、下界面存在高应力区域，最大压应力为 12.07MPa，位于关节盘后缘与上、下界面交界处。最大拉应力（3.97MPa）在上界面盘中份区域。髁状突反作用力为 95N，方向与 X 轴成 75°。最大 von Mises 应力为 5.82MPa。韧带的作用力很小，小于 0.2N。在上、下界面的接触应力分布并不一致。沿髁状突移位的方向，在关节盘后部产生高的压应力，最大的接触应力可达 4.45MPa。

3. 模型的局限性

（1）该模型的计算结果与由 MRI 估计的髁状突移位值的准确性有关；

（2）有关颞下颌关节的材料参数还缺乏；

（3）翼外肌的功能和肌力还不明确；

（4）髁状突和窝、结节复合体被认为是刚体，未考虑关节软骨的变形；

（5）未确定髁状突移位与咬合力的关系；

（6）缺乏详细的关节三维运动学资料，用三维有限元模型来分析关节的受力情况尚有困难。

第二节　颞下颌关节软骨的生物力学

人类大部分滑膜关节或自由活动关节中的关节软骨多属于透明软骨、少数关节软骨如膝关节半月板，椎间盘和颞下颌关节软骨为纤维软骨，关节软

骨是特殊类型的结缔组织，其主要功能是：

1. 将施加于关节上的载荷扩散传递到较大的区域，以减少接触应力。

2. 使对应的关节面间保持恒定接触，并以最小的磨擦和磨损进行相对运动。

一、关节软骨的结构、生化和代谢

关节软骨由软骨基质和软骨细胞组成，在颞下颌关节软骨中尚存在成纤维细胞。从超微结构形态上可分为表浅带、中带、深带、肥大带和骨化带。表浅带由扁平的软骨细胞，Ⅰ、Ⅱ型胶原和两种小分子聚糖双蛋白聚糖（biglycan）与核心蛋白聚糖（decorin）组成；中带和深带含大量的蛋白多糖聚糖体，高度亲水，与胶原组织网络在一起维持软骨的形态和弹性，细胞成分较少。关节软骨内无神经、血管和淋巴组织，痛觉和本体感觉的传导来自滑膜、关节囊、肌肉和软骨下骨内的神经末梢，营养和代谢物质由进出软骨基质的滑液扩散。

（一）软骨基质

关节软骨的基质成分决定其生物力学特性。软骨基质的内部构建处在动态平衡当中，在不同的个体、部位、深度和年龄，其含量有很大区别。在透明软骨和纤维软骨的基质中都含有水、胶原、蛋白多糖、结构糖蛋白、少量脂肪和无机盐类，其中水占透明软骨总重的60%～80%，但在颞下颌关节纤维软骨中水的含量略低。

1. 胶原　胶原占颞下颌关节软骨干重的60%以上，呈片状、束状交织成网络结构，并与结构糖蛋白如软骨粘连蛋白和纤粘蛋白交织成编篮状结构，维持软骨的强度和形态，控制由蛋白多糖聚糖体所产生的内部膨胀压。纤维软骨以Ⅰ型胶原为主，或为Ⅰ型和Ⅱ型胶原的混合。透明软骨主要含Ⅱ型胶原。软骨的各区带内尚含有少量的Ⅵ型、Ⅸ型和Ⅺ型胶原，在肥大带还发现有Ⅹ型胶原存在。有研究认为Ⅰ、Ⅱ型胶原与两种小分子聚糖双蛋白聚糖（与核心蛋白聚糖密切相关，Ⅸ型胶原参与Ⅱ型胶原与蛋白多糖的交联过程，Ⅺ型胶原多分布于软骨细胞周围，可能参与基质纤维支架的构筑。

2. 蛋白多糖　蛋白多糖占透明软骨干重的20%～40%，在颞下颌关节软骨中略低。按所含氨基多糖链上重复二单位的不同共分七类，但在骨骼系统中只含硫酸软骨素-4、硫酸软骨素6、硫酸角质素、硫酸肤质和透明质酸几种。在透明软骨，以硫酸软骨素-6和硫酸角质素为主，在纤维软骨以硫酸肤质居多，以适应不同的生物学需要。大部分蛋白多糖都含有两种类型的氨基多糖链，链的长短和比例可随发育、年龄或疾病而改变，糖链带负电荷，亲水性极强，具有蓄水和限制大分子物质通透的作用，它决定蛋白聚糖的功能性质。

3. 结构糖蛋白　约占透明软骨干重的5%～15%，在纤维软骨中的含量尚不清楚。主要的两种结构糖蛋白为纤粘蛋白和层粘蛋白，前者多聚集在软骨细胞附近的基质中，调节软骨细胞的粘附、迁移、增生和分化；后者主要分布于基底膜，是细胞表面结合受体的组成部分。

（二）软骨细胞

软骨细胞占颞下颌关节软骨体积的0.01%～0.1%，周围被大片基质包绕。软骨细胞的代谢活动相对较低，但对毒素敏感，损伤后不能再生。关节承受一定的负荷能够促进软骨细胞的新陈代谢，关节完全制动会影响基质扩散，造成软骨细胞营养障碍。

软骨细胞能够按照功能需要进行改建，并改变软骨基质的构成比例。在关节软骨内存在由软骨细胞介导的内部改建系统，在细胞因子和生长因子的调节下，精确调节蛋白酶和酶抑制剂的含量，诱导软骨基质各组成部分的转化过程。而且软骨细胞能够通过细胞膜上的特异受体，控制细胞周围基质的定位分布。这些膜蛋白受体一方面可以和基质成分如胶原、纤连蛋白、生长因子等结合，通过其他配体使细胞膜与胞周基质的支架连接延长。另一方面，又能通过膜内结构与胞浆系统联合，改变软骨细胞的生理功能。目前认为，软骨细胞膜表面受体为整合素家族，可作为细胞与基质之间的信使物质，与特定氨基酸序列作用，介导组织的形态发生、内稳态维持和组织修复过程。

二、关节软骨的生物力学

关节软骨被认为是由粘弹性固体基质（胶原和糖蛋白）和可自由活动的间隙液（水）组成的二相混合物，是具有渗透性的多孔介质。承载时影响软骨性能的因素是固体基质的材料性能及其渗透性。可以通过压凹试验、围限压缩试验和拉伸力学试验

获取软骨有关的力学性质.

1. 渗透性　渗透性是物质的一种参数，表示液体流过多孔物质固体基质时的摩擦阻力。渗透性越低，在承受载荷时液体流动的阻力越大。软骨基质中蛋白多糖的亲水性极强，基质内含有大量的水份，负重时水份和小分子物质受压挤出，软骨变形，随着压力和变形的增加，软骨的渗透性大大降低。关节软骨内具有一个机械反馈调节装置来阻止间隙液的完全流出。这个调节系统与组织的营养、关节润滑、承载能力、磨损程序等有关。正常关节软骨的渗透性极低，关节盘的渗透系数更小。软骨退行性变时，胶原网破坏，蛋白多糖大量丢失，软骨的渗透性增强。

2. 粘弹性　关节软骨发生形变与承受外力的速度有密切关系。挤压越快，水分越难流出，挤压越缓慢，水分越容易完全流出。软骨形变在于水分的流出，呈典型的非线性并与应变率的大小有关。由于关节软骨的渗透性很低，因此其材料性能与载荷的施加和消除速度密切相关。在快速加载与卸载的情况下，来不及将液体挤出，组织的性能似弹性单相材料，承载时变形，卸载时复原。但如缓慢地对软骨组织施加载荷并维持恒定，软骨内液体被挤出，组织变形随时间持续而加重。卸载后，如有充分的时间，待组织获得大量液体后，即恢复原来状态（图 12-5-1）。

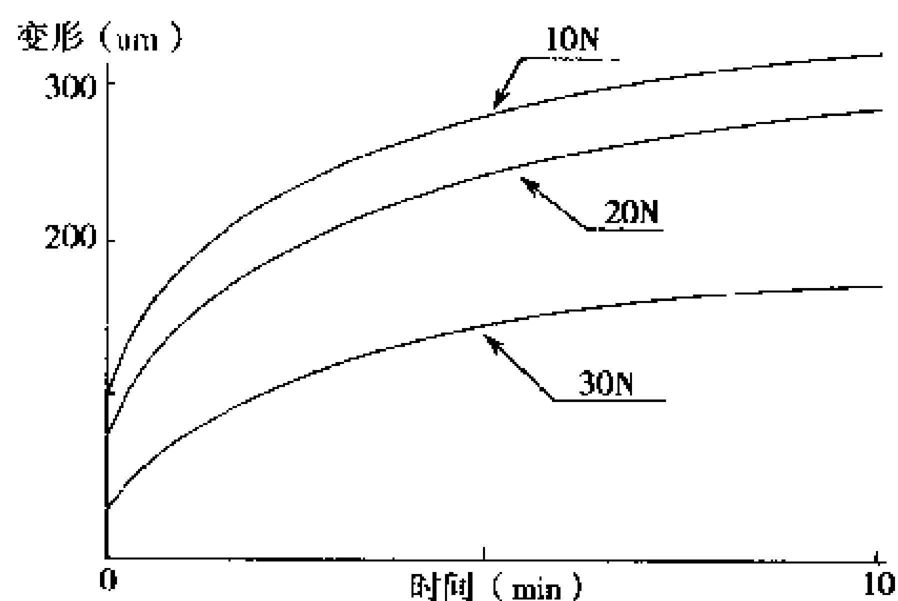


图 12-5-1　颞下颌关节软骨的压缩蠕变

3. 颞下颌关节软骨的压凹和拉伸力学特性　马红梅等（1993）对家犬颞下颌关节软骨压凹力学特性进行了研究，认为关节窝软骨弹性模量大于髁状突软骨。徐小川等（1997）对 8 侧 8～15 岁儿童颞下颌关节软骨的弹性模量进行了测定，髁状突软骨的弹性模量为 0.47～17.12 MPa，关节窝为 16.53～23.94MPa。反映出髁状突和关节窝在固体基质、水含量以及对力学反应的差异性。关节软骨的压凹蠕变反应主要与蛋白多糖的分型、分布有关。

关节软骨的拉伸力学特性主要依赖于胶原基质的排列及取向，成熟关节软骨的拉伸刚度和拉伸强度自表层向深层逐渐降低，因此关节软骨的表层结构对关节软骨具有保护功能。关节软骨带状试件单向拉伸强度约为 9～18MPa，破坏应变为 60%～120%。康宏等对家猪颞下颌关节髁状突软骨进行单向拉伸试验，结果发现，在矢状方向，其拉伸刚度为 9.04MPa，拉伸强度为 2.92MPa，破坏应变为 37.34%；而在冠状方向，分别为 6.55MPa、2.15MPa 和 41.12%，表现出各向异性特征。在退行性关节软骨，拉伸刚度和强度明显降低，软骨抵抗应力和应变的能力减小，功能下降。

总之，关节软骨内胶原-蛋白多糖-水凝胶网架结构保证了软骨具有承载、应力缓冲和应力分散以及关节润滑功能，任何外源性或内源性因素造成网架的破坏，将引起软骨结构和代谢障碍，关节功能下降，导致关节病变的发生。

三、关节软骨的润滑和磨损

（一）关节软骨的润滑

滑膜关节的润滑有两种机制，即界面润滑和液膜润滑。滑液中的透明质酸蛋白分子因化学作用而附着在关节面上，构成单一的界面润滑剂，防止因表面不光滑而发生粘连和摩擦现象，此即界面润滑机制。在负荷大、运动快的关节中存在液膜润滑机制。在液膜润滑时，由于润滑剂膜较厚，在两个关节面间形成较大间隙，这层液膜内的压力可支持承载面上的载荷。液体不是由后向前推入接触面间，而是从承载面本身被挤压出来。关节相对滑动压迫软骨，关节面间形成压力液膜。由于关节软骨相对较软，液膜内的压力可引起接触面的变形，有利于改变液膜的几何形状，限制了滑液的流失，促进了接触面润滑，承载力大大增加。当承载面上的载荷由局部液膜内压力和界面润滑的固体接触所承担时，可出现混合型润滑形式，液膜机制因其由压力所产生，故也称压渗润滑。

滑膜关节的润滑不仅与滑液有关，而且与关节软骨的结构和力学性能及关节的运动状态有关。颞

下颌关节的关节形态呈楔形，有利于滑液的聚集，在功能活动中，髁状突转动和滑动，因而液膜润滑机制在关节润滑中起重要作用。若关节受到持续高载荷作用，将造成关节面液体的产生和流动减少，使凹凸不平的软骨面间产生越来越多的固体接触，摩擦阻力显著增高，长期作用，将对关节软骨结构造成损害。

（二）关节软骨的磨损

虽然化学、酶和代谢因素能降低关节软骨的强度，但要磨损到骨组织外露的程度需要机械力的参与。磨损就是通过机械作用将材料从固体表面磨掉的过程，可分为由两个承载面互相作用引起的界面磨损和由接触体变形引起的疲劳磨损。

在大多数生理活动中，关节上的负荷多呈周期性变化，产生重复应力。在软骨承载时，载荷由胶原蛋白多糖-水凝胶网架产生的内部膨胀压所平衡。反复受到应力可造成该支架各组成部分的结构和连接界面破坏，发生软骨的疲劳性磨损，使软骨基质不断受到应力作用而产生损伤积累。局部的应力集中或酶与细胞代谢的改变也可削弱软骨支架的生物力学功能。常见的软骨结构损坏有软骨面开裂和承载关节面破坏性变薄等。另外，由润滑条件不佳所致的界面磨损，可加快关节的进行性损伤。就纤维软骨而言，异常应力或反复过久的应力刺激可导致关节软骨的结构遭到破坏，尤其是软骨表层结构的破坏可造成基质内部一系列的生化免疫反应，出现大量液体的流动和蛋白多糖分子的丢失，关节润滑能力下降，加速了界面的磨损率和软骨基质的疲劳程度。

四、关节软骨变性的生物力学

动物模型及临床经验揭示关节软骨的退行性变和异常的生物力有较大关系。由于软骨细胞的修复和再生能力有限，如承受应力过大，则有可能发生破坏，破坏进程与下述条件有关。

1. 接触区承受的应力值与应力集中的程度和范围；

2. 承受应力峰值的总量与频率；

3. 胶原与蛋白多糖基质分子和显微结构被损害的程度。

异常生物力首先导致蛋白多糖-胶原-水凝胶网架构象变形，如表面波纹结构变浅，胶原间隙变窄，间隙液流动障碍。软骨细胞无法有效地获取营养并清除代谢物质。同时，过大的机械力可能使受累的软骨细胞变性、坏死，大分子断裂，大量自由基团释放，破坏胶原与蛋白多糖网架。若自由基反应扩散到滑膜层则易致滑膜A细胞释放炎性介质与大量细胞因子，使一系列反应在滑膜、滑液及软骨三个界面展开，软骨基质的无序修复与继发破坏并存，但软骨的应力缓冲功能下降，关节软骨首先出现病变，继而软骨下骨质与邻近结构受累。出现软骨内基质囊样病变，软骨开裂，软骨表面磨损，变薄等。表面软骨碎裂成小块状；可形成“关节鼠”，脱落于关节腔内。在应力和摩擦最大的部位，软骨逐渐被全层破坏，暴露出软骨下骨质；在应力最小的部位则有骨质疏松。骨面下骨髓腔内不断有新骨沉积并形成硬化层。新生骨向阻力最小的方向生长，在关节边缘处形成骨赘。关节滑膜和关节囊受脱落软骨碎片的刺激而充血，增生，继发滑膜炎症、出现疼痛，肌痉挛等症状，甚至关节囊挛缩和纤维化，导致关节纤维性强直。

第三节 颞下颌关节盘的生物力学

关节盘是颞下颌关节的重要组成部分，借助颞盘关节和盘突关节共同完成复杂的下颌功能运动。由于盘组织本身缺乏未分化间充质细胞，传统观点多认为是关节的被动组成部分，适应功能改变需要的能力很小。颞下颌关节盘的生物力学特性是维持颞下颌关节稳定的重要因素。

一、颞下颌关节盘的形态、组成和结构

关节盘位于颞下颌关节的骨性结构——关节凹和髁状突之间，借内外侧附着紧密附着在髁状突上。前与颞前附着、翼外肌上头（内侧份）、下颌前附着相连，后与盘后组织的上板和下板相连，中间带较薄，是关节功能单位的组成部分。关节盘主要由水、胶原、蛋白多糖及少量的弹性纤维组成。许多研究都证明，颞下颌关节盘主要由Ⅰ型胶原组成，Ⅰ型胶原以粗大的纤维束形式存在，它使盘抗拉伸的能力增强。但Mills（1994）用免疫组织化学方法证实灵长类的关节盘内有Ⅱ型胶原存在，散

在分布于Ⅰ型胶原束之间，可能与关节盘的受力方式有关。也有人在大鼠关节盘内检测到Ⅲ型胶原，并认为Ⅲ型胶原含量的变化可以反映组织改建和成熟的程度。关节盘内的弹性纤维比较细小，排列疏松，可能与卸载后关节盘形状的恢复有关。小林淳二（1992）曾对正常人和猪的关节盘进行了生化定量分析，（表 12-5-1）认为人类的关节盘由Ⅰ型胶原组成，关节盘是纤维组织对压拉反应适应的结果，不属纤维软骨。

表 12-5-1　颞颌关节盘糖胺多糖含量分析

作　者	种　属	硫酸软骨素	硫酸肤质	透明质酸	硫酸角质素
小林	人	69.9%	24.5%	5.6%	微量
小林等	猪	5.8%	91.4%	2.8%	微量
Nakano 等	牛	79%	14%	5%	2%

引自康宏等（1996）

对颞下颌关节盘的立体超微结构，由于材料和方法的差异，有关盘各带纤维的走向排列尚存争议。童子平等（1988）观察到矢状切面胎儿的盘后带髁状突侧的胶原呈多个拱形结构，中间带前后和内外走行的纤维呈板层状结构并且紧密排列，前带可见波浪状前后走行的纤维以及横向的纤维断面，关节盘上、下表面为致密的胶原网状结构。Teng 等（1991）认为在家犬的颞下颌关节盘内存在环形胶原环结构，是关节盘分散应力的基础。

二、颞下颌关节盘的生物力学性能

（一）关节盘的拉伸力学特性

康宏等（1998）对 4 只 4～15 岁新鲜尸体的颞颌关节盘进行了横向单向拉伸试验，结果表明关节盘各带的拉伸刚度略有差异，前带大于中间带和后带，中、后带差异不明显（图 12-5-2）。拉伸应力在 5%应变内改变较小，属于生理性坡脚区，代表了生物软组织功能活动时应力和应变变化的生理范围。在此应变范围内，胶原纤维处于波浪状并未被完全拉直，组织的固体基质和间隙液凝胶共同承受应力和应变而不引起损伤。在 6%～11%应变水平，拉伸应力随应变变化而增大，试件的强度几乎呈直线关系迅速增加，直至破坏。关节盘的横向拉伸破坏应变为 21%～22%，显著低于透明软骨（60%～80%），但高于纯胶原腱类组织（6%～8%），拉伸刚度在 9.04～13.65MPa 之间（表 12-5-2）。

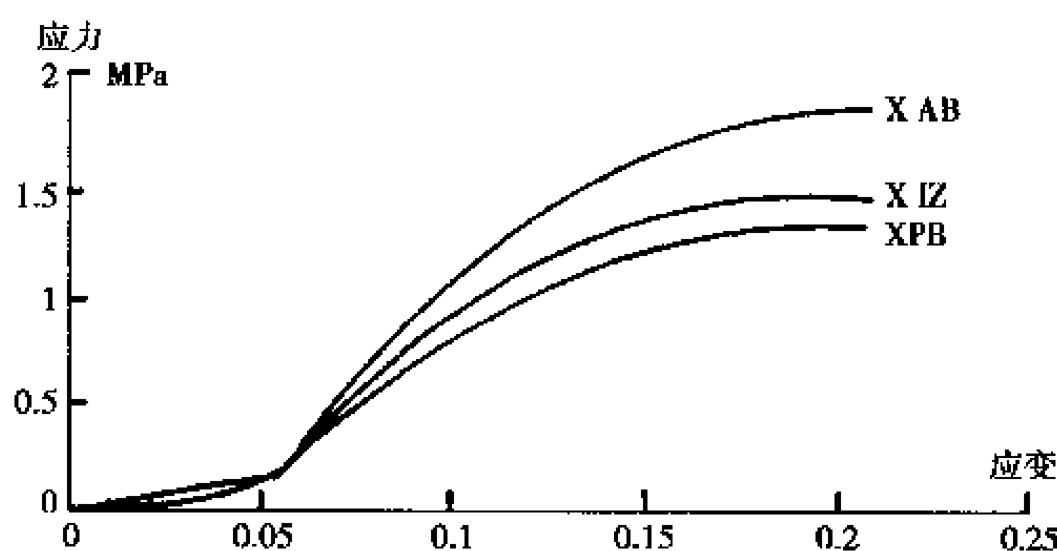


图 12-5-2　关节盘各带的应力应变曲线，XAB，XIZ，XPB 分别表示前带中带后带试件断裂

表 12-5-2　关节盘各带的拉伸力学性质

	前　带	中　带	后　带
破坏应力(MPa)	1.85±1.38	1.53±0.77	1.35±0.90
破坏应变(%)	21.05±6.70	22.46±6.65	21.78±7.49
拉伸刚度(MPa)	13.65±10.42	10.40±5.86	9.04±5.67
破坏能量(N·mm)	0.86±1.05	0.67±0.42	0.42±0.27

引自康宏等(1998)

关节盘在 2%～4%，6%阶跃应变下表现出一定的粘弹性应力松弛效应。初始应力松弛率在8%～15%，应力松弛程度较低，反映出关节盘组织的低渗透性特点（图 12-5-3）。关节盘各带的瞬时弹性响应对应变呈典型的非线性关系，应变增加，弹性反应急剧增大。Mow 等认为组织的瞬时弹性反应取决于固体基质本身的特性以及间隙液与固体基质的相互作用两个因素，

瞬时弹性反应对应变的高度非线性反映出组织低渗透性性质。揭示了关节盘既有承受负荷，分散应力的能力又能促进关节润滑，协调关节的运动。

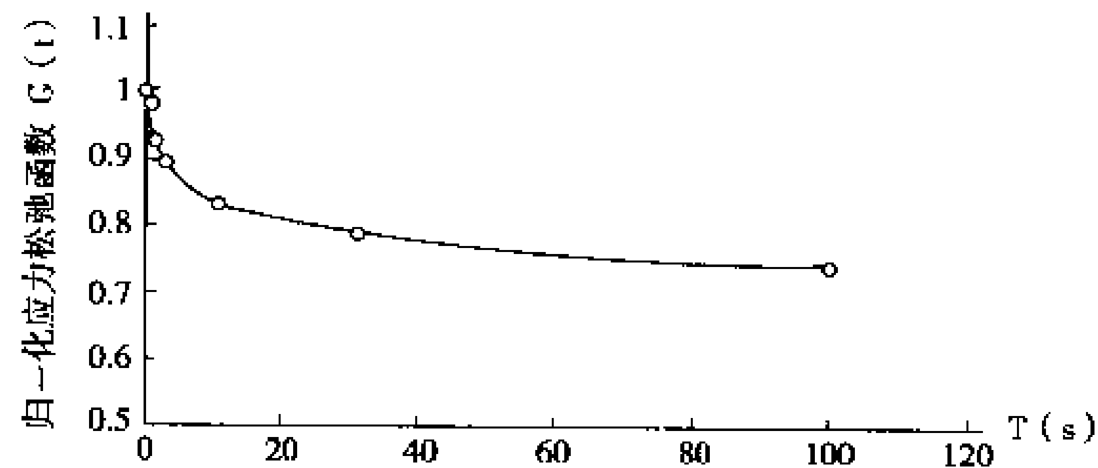


图 12-5-3 2%应变下关节盘前带应力松弛图

(二) 关节盘的压凹力学和围限压缩力学特性

关节盘可看作是生物力学的固液二相材料，即由固体基质的胶原-蛋白多糖和不可压缩的间隙液组成的有渗透性的多孔介质。间隙液的流动支配其生物力学性质。Chin 等（1996）测定了两种低应变率（0.00127mm/s 与 0.000635mm/s），人体颞下颌关节盘的压缩刚度分别为 0.541MPa 和 0.211MPa，随载荷速率增加，关节盘刚度增大。Nickel 和 Mclachlan（1994）对猪颞下颌关节盘组织内部应力分布进行了体外压缩实验，结果表明，关节盘内部应力分布呈典型的“钟”形曲线，应力的变化可以通过峰态来反映。关节盘在髁状突和关节窝之间具有减少关节面间应力集中的作用，关节盘的物理性质能够传递并分散载荷。载荷对峰应力和峰态有一定影响，载荷增加，峰应力近似呈线性增加，压力梯度受载荷量和压头半径的制约，压头半径减小，压力梯度增大。在一定压头半径和载荷条件下，结构的适合性/协调性越差，压力梯度越大。由于关节盘的厚度是确定峰应力的关键因素，关节盘越薄，应力分布的峰态就越明显。同样，适合性/协调性降低将增大承载面上的峰应力值。这与退行性关节病变中关节盘变薄的情形极为相似。有观点认为关节盘变薄是关节退行性变的最早表现。关节盘变薄导致关节组织内正常峰应力值增高，这种应力的增加更容易导致组织的疲劳和其他损害。由于关节内的应力值从儿童到青少年直至成年呈递增趋势，关节软骨也相应发生增龄性变化，关节盘厚度减小到一定程度则缓冲应力的能力下降甚至不再具有缓冲应力的功能，组织的改建能力下降。

关节盘由于结构的特殊性，对压缩试验的反应与关节软骨并不相同。关节盘不像髁状突软骨对蠕变过程表现出量的依从性，对持续性或间断性压缩载荷的增加，蠕变量并无明显改变。关节盘的压缩刚度高于髁状突软骨，可能与关节盘内细胞的类型、胶原与弹性纤维的比例分布以及蛋白多糖的种类有关（Kuboki，1997）。最近对猪关节盘围限压缩力学试验的研究表明关节盘具有一定的抗压强度，应力水平增加，关节盘整体压缩刚度增大（表 12-5-3）。对压缩刚度和渗透性的调节可能是盘组织内部缓冲应力的两种主要方式。

表 12-5-3 关节盘不同区域的压缩刚度值(MPa)

压头半径(mm)	应力水平(MPa)	前带	中带	后带
2	0.07	4.48±1.04	3.93±1.17	6.31±1.70
1	0.30	14.07±2.58	13.68±2.17	14.00±2.45

（引自展宏等，1999）

(三) 关节盘的力学效应分析

在髁状突的功能运动中，关节盘具有缓冲震荡、协调关节窝与髁状突形态不一致、分散载荷、保护关节面的边缘、综合关节运动、促进润滑等功能。使传导到髁状突的力始终沿髁状突前斜面-关节盘中间带-关节结节后斜面进行传导。由于关节盘是具有粘弹性的组织，关节盘对压缩的反应可用简单杠杆进行分析。假定关节面间的摩擦系数极低，可忽略不计，髁状突对关节盘施加的力和关节结节的反作用力主要受关节盘所占空间大小及盘粘弹性质的影响，如果关节盘覆盖髁状突，受力时关节盘被压缩，因其周围突起的嵴的限制故不产生盘的移位；髁状突前滑，关节盘也随之前移。已有研究证实关节盘的运动为生物力学因素所控制而非神经肌肉因素在起作用。

三、颞下颌关节盘内部构筑与力学性能的关系

（一）胶原构筑与力学性能关系

对关节盘胶原纤维内部构筑，近来的超微结构研究认为，关节盘各带既含有前后向纤维，也有横向纤维和垂直向纤维存在。Teng 等（1991）对家犬颞下颌关节盘的超微结构研究也发现，盘内部存在环形胶原环结构，对分散应力和保持关节稳定有重要作用。盘前带胶原粗大，内外向走行纤维较多，胶原原纤维排列致密，有较强的抗拉伸能力。中带前后向和内外向走行的纤维呈板层状相间或交织，外观呈编织状，以前后向走行为主，反映出其既能承受一定压力又能抗拉伸的力学特性。后带胶原排列呈三维网状结构，更有利于抗压，但抗拉伸能力较弱。康宏等（1998）对关节盘冠状方向拉伸试件的超微结构变化进行了观察，发现在 6%应变下，前带内外向（与载荷方向一致）胶原纤维被拉直，胶原纤维表面形成的波纹消失，未发现有胶原原纤维的撕裂破坏现象，而中带和后带有局部胶原原纤维的拉伸、剪切破坏，表面波纹消失，从超微结构证实了盘的内部胶原构筑是承受载荷的结构基础。关节盘抗横向拉伸的生理应变范围应在 5%的应变内，这和关节盘横向拉伸应力应变曲线的生理性坡脚区范围一致。

关节盘拉伸屈服时的电镜观察表明，尽管盘的形态看似完整，但其超微结构已发生了显著改变，胶原原纤维排列紊乱疏松，甚至断裂破坏，较小的应力即可造成关节盘结构完全撕裂，关节盘的抗拉抗剪切能力下降，关节盘与关节窝和髁状突间将处于不稳定状态，关节盘的协调稳定功能降低，不能适应颞下颌关节的生理功能需要。

（二）关节盘表面形态与关节润滑的关系

正常关节盘表面光滑，无沟嵴裂隙。在扫描电镜下表现为波纹状和嵴状突起，且有一定方向性。关节盘表面的波纹是生长发育中形成的正常结构，胎儿在 5 个月时，关节盘表面即可见波纹结构，6～7 个月时，盘上腔表面有致密的波浪状和嵴状突起，下腔表面在足月时形成致密的球状突起。关节盘中带下腔面波纹整齐，呈内外向走行，而前后带下腔面波纹不规则，上腔面较下腔面不规则。表面聚集有凝胶样物质。Kuc 等（1994）认为关节盘表面的不规则结构可能具有类似弹簧的作用，可缓冲关节的负荷。关节盘受到压缩负荷，表面波纹可以变浅而模糊，而过久压缩可导致表层凝胶样物质的脱落，深层胶原纤维网暴露或洞样缺损。

界面润滑和压渗润滑是关节润滑的两种形式，滑液中的透明质酸等大分子在关节面形成高粘性凝胶层，是关节表面的有效界面润滑剂，而盘表面的波纹状结构，可以形成凝胶微囊，潴留凝胶，限制液体的流失，作为对关节盘低渗透性的补偿。

不合理的受力方式，如咬合创伤，夜磨牙症，髁位异常等会改变颞下颌关节内的应力分布，破坏关节盘表面的正常结构，进而破坏关节的润滑，增大关节面间的摩擦力，造成关节组织的磨损。

第四节　颞下颌关节软组织的生物力学

一、软组织的力学特性

人体软组织的特性是柔软易变形，具有不同程度的抗拉强度，但不能抗弯和抗压。大多数软组织具有预拉伸应力，如一段动脉或肌腱被切断后会发生自动收缩现象，非线性、各向异性和粘弹性是软组织的力学特征。

（一）非线性

生物软组织的应力-应变关系一般都不服从胡克定律。高胶原低弹力纤维如腱或韧带等在单向拉伸载荷下的载荷-变形规律包括了三个阶段，应变较小时，曲线呈坡脚状，载荷-变形间呈指数关系（AB 段）；当应变增大，材料刚度迅速增加，载荷与变形之间近线性关系（BC 段）。最后段载荷与变形又呈现非线性关系，材料的拉伸刚度急剧减小直至试件破坏（CD 段）（图 12-5-4）。对于正常组织，初始段（即坡脚区）代表正常的生理功能阶段，该阶段所承受的应力应变是软组织在正常生理条件下所承受的载荷范围。第二段为载荷相当于强度贮备的部分，保证了材料在一定超载下不被破坏。

（二）加载试验预调的必要性

软组织试件每次加载循环下的载荷-变形曲线都不相同，但随着循环次数的增加，加载与卸载之间的差别越来越小，这一现象称预调。由于组织的内部结构随加载和卸载循环次数而变化，要经过多

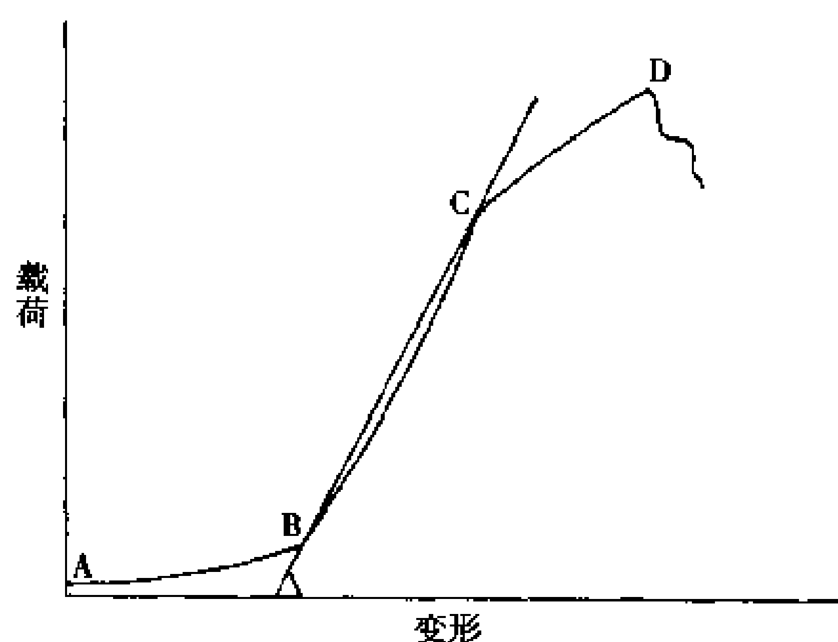


图 12-5-4 软组织拉伸载荷变形关系

次重复才能达到一个稳定状态。因此，对生物组织的力学分析应同时介绍预调的过程，对每个软组织试件应进行预调，才能取得重复性好的数据，便于对稳定后的载荷-变形规律进行分析。

（三）粘弹性

一般而言，软组织的粘弹性具有应力-应变曲线滞后、应力松弛和蠕变的特点。

应力应变曲线的上升段和下降段不相重合的现象称滞后，二者之间的闭合环路称滞后环，代表了加载卸载循环过程中的能量消耗。

若将试件固定在一定变形之下，开始时材料内部达到一定的应力，以后随时间的延长，应力逐渐减少的现象称应力松弛。

若对试件突然加载，然后保持载荷不变，开始时试件具有一定的变形，随时间延长试件变形逐渐增加的现象称为蠕变。

二、胶原类组织的生物力学

韧带（含关节囊）和肌腱是关节周围的被动结构，与关节周围肌肉系统一起对动力支撑起重要作用。在运动中，主要承受张应力载荷。其力学性能与组成、形态结构有关。主要的成分包括细胞（纤维细胞和成纤维细胞）、纤维（胶原纤维和弹力纤维）、基质（蛋白多糖和糖蛋白）和水等。

胶原类组织在张应力作用下的力学特性受以下三个因素的影响。

1. 纤维结构的方向性　肌腱纤维几乎完全是平行排列的，使其能够承受较大的拉伸载荷。韧带（含关节囊）的结构方向一致性较差、排列情况随韧带的功能不同而变化。与受力方向一致的胶原纤维被完全拉直并承受主要载荷，而与载荷方向不一致的纤维在被拉直之前只能承受较小的载荷。

2. 弹性纤维和胶原纤维的性质　弹性纤维是脊椎动物体内的一种蛋白质。有两个特征：①胶原纤维可以用加热的方法（加热到66℃以上30分钟）来改变其组织而除去弹性，而弹性纤维在同样加热条件下却不改变其力学性能；②弹性纤维很难用化学方法固定。在加载情况下，弹性纤维是一种类脆性材料。

胶原纤维是动物体内软硬组织的基本成分，广泛存在于血管、韧带、肌腱、皮肤、骨骼、角膜、巩膜、脑膜等组织和器官中，是一种类韧性材料，既强又韧，能承担载荷、支持动物的身体和器官，但其结构形式也有差异。

在拉伸实验中，胶原纤维和弹性纤维的特性并不相同。一开始胶原纤维稍有伸长，但随着载荷的增加，强度迅速增加直至达到屈服点，过了屈服点后则产生非弹性变形直至破坏。对于弹性纤维，施加低载荷即可产生很大的伸长变形，随着载荷的增加，弹性纤维的强度突然增加并且毫无变形地突然断裂（图 12-5-5）。胶原纤维的承载能力远大于弹性纤维，平行胶原纤维如肌腱的破坏变形在6%～8%之间。

3. 胶原和弹性纤维的比例　在胶原组织中，弹性纤维和胶原纤维的比例随着该组织所起的作用不同而变化，并且影响胶原组织的力学性能。肌腱的主要功能是传递肌力至骨或筋膜，几乎完全由胶原组织组成，因而肌腱在拉伸载荷下的特性几乎与图 12-5-5 所示的胶原的特性相同。

韧带（含关节囊）的主要功能在于稳定关节和防止过度活动，除少数韧带（如项韧带和黄韧带）外，人体大多数韧带主要是由胶原纤维组成的，其中胶原纤维束主要承担抗拉伸作用。

软组织中水和蛋白多糖的含量多少对组织的弹性影响较小，但影响其变形的时间与历史过程。

三、影响软组织力学性能的有关因素

由于软组织试件形状和几何尺寸的不规则以及复杂的解剖学构造，测量并确定试件的初始长度较为困难。孤立的软组织试件通常都伴有组织的收缩。夹头的固定方式会导致夹头与

试件界面产生滑移，以及引起承载组织的破坏。试件的保存、实验的环境、温度、pH值等与在体环境之间存在很大差异，这些因素均与组织的生物力学性质有关。

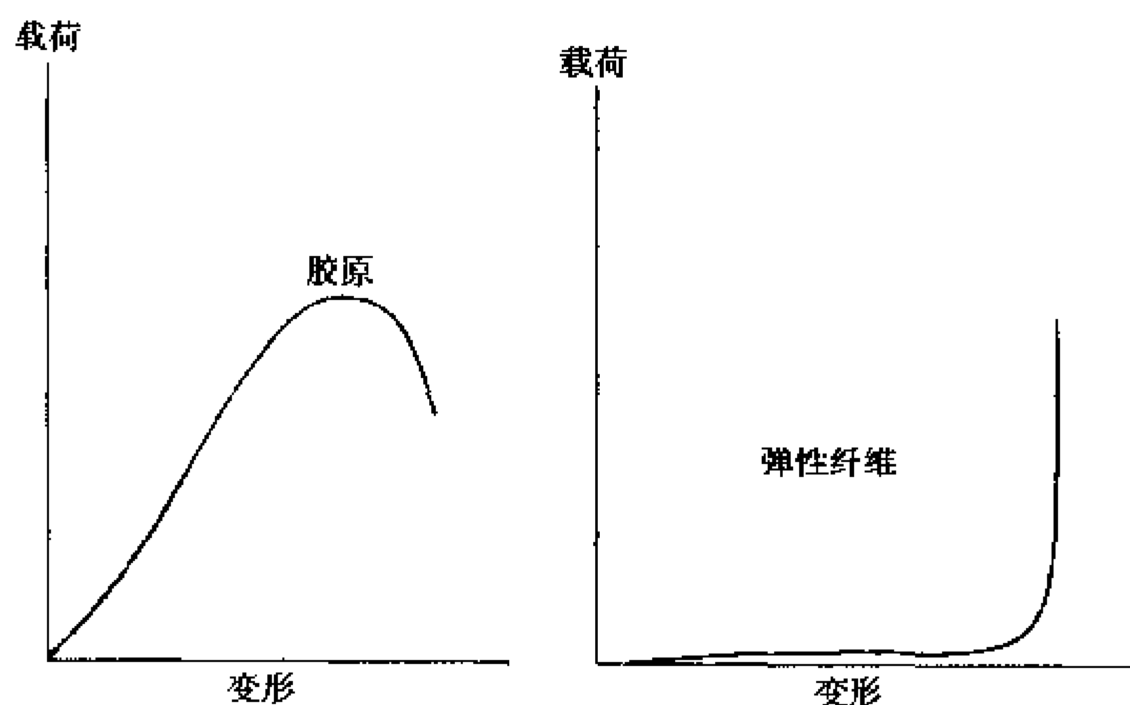


图12-5-5　胶原和弹性纤维的拉伸特性

（一）冷冻保存对试件力学性质的影响

对冷冻后软组织试件力学性能的研究，多数学者认为，除滞后环面积外，大多数测定的参数没有很大区别。关键的是组织在冰冻前要仔细准备，注意保护试件免于脱水。韧带贮存应该适当保留关节周围的部分肌肉与其他结缔组织，试件用盐水浸泡过的纱布双层包裹，密封于严密的塑料袋中保存。试验前4℃下过夜解冻并且在解冻后立即进行实验。

（二）环境温度对试件力学性能的影响

温度对韧带和腱力学性能的影响存在较大差异。近来的研究多在生理盐水浴或盐水滴注下进行，可以更好地控制温度和试验槽中的pH值。尽可能模拟关节的在体状态。

（三）年龄对试件力学性能的影响

年龄（成熟程度）对腱、韧带及其附着区的影响已得到证实。Noyes等比较了年轻人（16～20岁）和50岁以上人群前交叉韧带拉伸性质，随着年龄的增长，韧带的强度和刚度明显下降。从老年尸体解剖所得的骨-韧带-骨标本与年轻尸体标本相比较，前交叉韧带所能承受的最大破坏载荷、能量贮存及刚度均下降2～3倍。其破坏模态，年轻组为韧带物质的破坏，年老组则是附着处撕脱。韧带力学性能的这种变化同许多因素有关，包括韧带的变性、活动量减少、疾病等。

（四）韧带破坏方式

韧带的类型、载荷方向、作用水平、应变率、组织成熟程度等对韧带的破坏产生一定影响。韧带的种类不同，组成结构与功能各异，造成破坏的方式也不一致。在兔子前交叉韧带的实验中发现，如果载荷方向沿韧带轴，破坏多数为骨的撕脱，当载荷沿胫骨轴时，随着膝关节弯曲的增加，韧带结构本身的进行性破坏加重。实验也证明临床期内关节的固定将导致韧带-骨连接处强度急剧下降，此时多数的破坏发生是由于骨撕脱。Noyes在对灵长类动物的交叉韧带研究中，发现在低拉伸率（$0.00662s^{-1}$）时，29%属于韧带破坏，57%由于胫骨撕脱而破坏；但当拉伸率增加100倍（$0.662s^{-1}$）时，韧带撕裂破坏达66%，而胫骨撕脱的比例下降为28%。最近的研究也表明组织成熟程度（年龄）是决定其破坏方式最主要的因素。

四、颞下颌韧带（含关节囊）的生物力学

颞下颌关节外侧壁是关节囊和关节韧带结构的复合体，构成该组织的胶原纤维存在大小和排列方向上的差异，韧带的胶原纤维束粗大，排列较致密规则，抗牵张能力强，功能运动中主要承受较大的拉伸载荷。关节囊纤维较为细小，方向各异，组织延展变形性大，主要功能以适应多向的拉伸载荷为主，有利于力的分散及关节滑液的产生和运输。囊结构和韧带结构组成统一的整体，对维持关节的稳定，防止关节受损起重要作用。

（一）颞下颌关节外侧壁的结构组成

对颞下颌关节外侧壁的结构、毗邻关系与功能还不十分明确，大村欣章（1984）对25具尸体的颞下颌关节外侧壁进行了组织学观察，认为外侧壁可以按纤维排列分为五层，最内侧为盘突韧带纤维；第二层呈水平排列，与关节盘外侧缘相连；第三层呈水平向连接关节结节和髁状突颈；第四层纤维呈放射状连接关节窝边缘和髁状突外侧壁，前方斜形纤维多而后方垂直纤维多；第五层纤维多呈水平状沿关节窝外下缘分布。作者认为第一、二层有加固关节盘作用，防止关节盘向外移位；第三、四层属颞下颌韧带的部分，限制下颌髁状突向后移位的程度；第五层主要起保护附近的神经血管的作用。但Savalle（1988）对16具尸体进行了组织学研究后对韧带存在与否提出异议，16例中只有3例有韧带存在。Sato（1996）对19具成人尸体的TMJ外侧韧带结构进行了扫描电镜观察和免疫组织化学研究，发现外侧韧带可分为韧带样结构（Ⅰ型，87%）和非韧带样结构（Ⅱ型，13%）两种，特征性鞘样结构主要存在于外侧韧带后部，由少量粗大胶原纤维束，胶原支架和周围结缔组织构成，支架中有弹性纤维分布。Ⅰ型和Ⅱ型胶原、层粘蛋白分布于整个鞘样结构中，张力蛋白（tenascin）只存在于胶原束，而纤粘蛋白（fibronectin）存在于鞘样结构表面和周围结缔组织中。胶原类型和大分子物质的分布特征与TMJ的稳定有关，鞘样结构和其他组成在下颌运动中的作用在于储备能量，防止关节囊和韧带受到拉伸、压缩破坏。

（二）颞下颌关节韧带和关节囊的拉伸力学性能

黄钦等（1993）对家犬的颞下颌韧带和关节囊进行了拉伸力学研究，结果表明，韧带的破坏应力、能量吸收和弹性模量都明显大于关节囊，但破坏应变无差异，达45%～50%。认为颞下颌韧带通过一定张力稳定下颌，承受主要外来拉伸载荷。而关节囊在一定程度上辅助韧带的功能，二者均有一定的降低负荷的作用。在对骨-韧带（囊）-骨复合体的研究中发现，快速载荷（80mm/min）下，复合体破坏主要是韧带和囊中份撕裂。在低载荷速度（0.8mm/min）下，破坏为骨附着端撕脱。长期的副功能活动，如偏侧咀嚼和磨牙症，可使韧带长期承受超负荷，导致韧带骨附着端的慢性损伤，引起疼痛。而急性的颞下颌关节创伤可引起韧带本身的撕裂，出现张口受限、疼痛、下颌偏向患侧等情况。

1. 颞下颌关节外侧壁囊-韧带复合结构应力松弛特性　应力松弛实验表明，关节外侧壁和其他软组织一样存在明显的粘弹性，其初始应力松弛率（最初1秒）为9%～18%，介于颞下颌关节盘和盘后组织之间，远低于透明软骨。应力松弛程度小，说明组织的渗透性低，表明外侧壁复合结构既能散力又能维持一定张力对抗拉伸载荷，保持关节的稳定。不同的阶跃应变对关节外侧壁的应力松弛有一定影响，在较高应变下，应力松弛程度加大。按二相理论观点，组织在承受拉伸载荷时，产生一定应变，大量液体流出，产生应力，随着固体基质变形和液体重新分布，基质内的应力松弛，并达到平衡。在低应变水平，应力松弛主要取决于液体流动，而在高应变情况，组织内产生的应变较大，间隙液流量增多，表现明显的长时记忆特性，应力松弛达到平衡的时间延长。除液体流动因素外，固体基质中胶原与蛋白多糖基质之间的剪切作用，胶原和弹力纤维网与蛋白多糖分子自身构型构象的改变也可能参与这一过程。

不同阶跃应变下，关节外侧壁复合结构的瞬间弹性响应，对应变较敏感且呈明显非线性关系，反映出组织的渗透性低。

用拟线性粘弹性理论分析的结果表明，在较短时间内，用二参数固体松弛函数可以模拟关节外侧壁囊和韧带复合结构的流变性质。

2. 关节外侧壁囊-韧带复合结构的应力应变特性　对人体关节外侧壁的组织学研究认为，韧带纤维和囊结构纤维同时并存，不同区域差异较大。在承受外来载荷时，首先是波浪状的胶原纤维被拉直，组织的拉伸刚度变化较小，呈典型的坡脚样图形。随应变增加，纤维被拉长，组织的刚性迅速增加，应力-应变呈线性关系，胶原纤维的微观破坏也开始发生，最终胶原纤维屈服、断裂（图12-5-6）。关节外侧壁应力应变曲线的坡脚区接近25%，与盘后组织相似（20%～30%），代表了组织的生理应变范围。高鹏用家犬对关节外侧壁做了生化分析研究，水和胶原（干重）的含量超过70%而氨基多糖含量偏低（0.5%），可能对坡脚区产生一定的影响。

拉伸试验的结果表明，关节外侧壁的拉伸强度

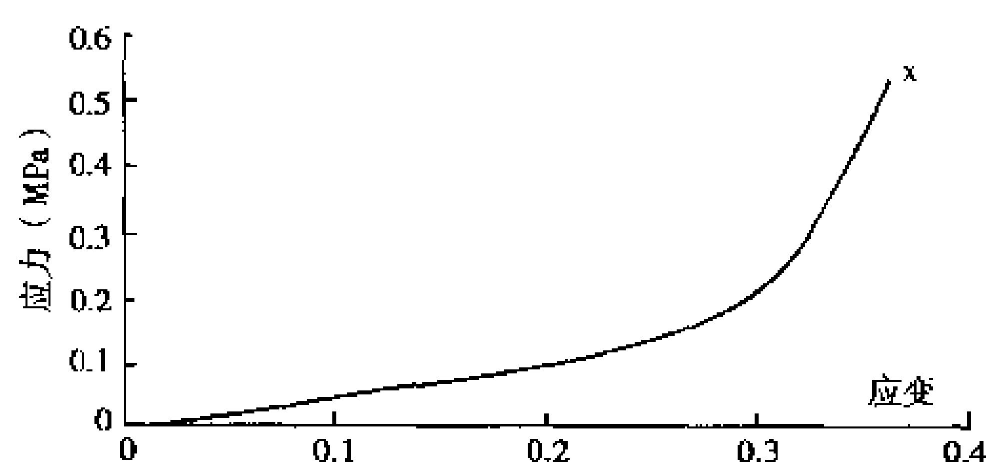


图 12-5-6 关节囊-韧带复合体应力应变关系

（破坏应力）、能量吸收和拉伸刚度（弹性模量）小于关节盘，但破坏应变较大（表 12-5-4）。说明外侧壁抗破坏的能力和抗变形能力较小。实验结果存在较大的标准差，在一定程度上也反映了外侧壁结构的非均质性和各向异性，说明胶原纤维的排列方向是决定组织拉伸强度和拉伸刚度的主要因素。

表 12-5-4 颞下颌关节外侧壁囊-韧带结构的拉伸力学性质

破坏应力（MPa）	0.638±0.528
破坏应变（%）	36.09±15.57
能量吸收（N·mm）	0.588±0.541
拉伸刚度（MPa）	3.034±2.857

（引自康宏等，1999）

采用 Fung YC 拟线性粘弹性理论对外侧壁复合结构的应力应变关系进行曲线拟合，在小应变下，理论曲线与实验值十分吻合，随着应变的逐渐增大，二者开始分离。提示小应变下，用导出的本构方程可表征关节外侧壁的粘弹性质，可用于比较和研究正常、病变、修复或增龄状态下关节外侧壁对各种负荷的反应。

3. 颞下颌关节外侧壁囊-韧带结构的功能意义探讨　由于关节外侧壁在形态上各种形式并存，胶原纤维粗细不等，粗大的纤维束和纵横交错的各种纤维形式并存，厚薄不一，就整体而言，并无典型的带状韧带或腱鞘样结构，但在局部或某一层次可有致密的胶原纤维束存在，宽窄不一，反映了关节外侧壁在功能上的多样性。内层胶原束的主要功能在于控制盘的位置，防止运动中发生盘的移位；中间纤维中，纵向纤维束有悬吊稳定关节作用，水平纤维可限制髁状突过度向后、向外移位；外层纤维和局部肌筋膜束一起，通过神经反射起保护神经血管的作用，间接稳定关节。从生物力学的研究结果看，由于外侧壁的抗破坏能力和抗形变能力较弱，而长期的口腔副功能活动，如偏侧咀嚼，紧咬牙，夜磨牙症等可使关节囊-韧带复合结构长期处于超负荷状态，使关节囊-韧带复合体易于遭受损伤，导致囊松弛、疼痛、运动受限和粘连，在颞下颌关节疾病的防治和保健中有一定的意义。

除颞下颌韧带外，颞下颌关节的其他韧带也参与稳定关节，引导关节活动，防止过度活动等功能。关节盘通过盘侧韧带与囊韧带成分融合并紧密附着于髁突颈部，在功能中仅允许关节盘进行前后向运动。如果盘侧韧带与囊韧带附着区损伤，则关节盘可被髁状突的运动及翼外肌上头所牵引，移向前或前内侧。这是关节盘内紊乱的常见移位方向。

蝶下颌韧带呈狭窄束状，从蝶骨锥突向前下附着于下颌小舌。能协助限制下颌过度向前向外移位，但其主要功能在于稳定下颌小舌，保护下牙槽神经和血管不受损伤。

茎突下颌韧带上起于茎突，下止于下颌角后缘，起限制下颌过度前伸的作用并能协助悬吊下颌。如果茎突过度发育，则会影响大张口和侧方运动，引起严重的疼痛。

五、颞下颌关节盘后附着的生物力学

（一）盘后组织的结构与生物力学

1954 年 Rees 提出关节盘后区“双板区”的概念，对口腔医学界的影响较大。作者通过对 2 例新鲜尸体的 TMJ 进行组织学研究，认为颞下颌关节盘的后附着部分分为上板和下板两部分，上板和关节窝后壁相连，含有大量弹性纤维，可以限制关节盘过度向前并在闭口时依其弹性回缩机制辅助关节盘向后复位。下板和髁状突后份相连，主要由致密胶原束组成，在闭口相牵引关节盘复位。

Scapino（1991）对 21 具尸体的颞下颌关节盘后附着区进行了详细的组织学研究，结合双相关节造影和磁共振成像（MRI）技术探讨了盘后区的功能。认为盘后区是具有高度顺应性的组织，其体积和形状随髁位变化而改变，功能与盘后区内液体的重新分布有关，盘后区的纤维结缔组织包括了纤维弹性组织网状系统，细小疏松的胶原纤维，散在的弹力纤维，小动脉和大量静脉窦、淋巴、脂肪以及丰富神经末梢等。分为彼此相互关联的三个部分：颞部附着区、中间区和髁状突附着区。作者认为盘

后附着区可以产生相当大的体积变动，是使血液、组织液和滑液重新分布的一个装置，开口时，髁状突脱离关节凹，颞部附着区和髁状突附着区仍与关节的颞部和髁状突接触，弹力纤维网状结构和结缔组织小梁被扩张，静脉腔扩大，允许血液流进，闭口时，髁状突退回关节凹，增加了对盘后附着区的压力，使静脉窦和结缔组织小梁塌陷，血液被挤出静脉窦。但血液的挤出也可能藉于中间区内的弹力纤维系统释放的弹性能，压迫静脉窦，使之关闭，弹力系统起类似泵的功能，而下颌后区及邻近的静脉网则成为血库。Kino 等（1993）对盘突之间，关节窝后壁及其毗邻结构的纤维联系，进行了详细的组织学研究，认为盘后区的功能在于泵血作用(blood-pumping mechanism)。Wilkinson 等（1994）研究了开闭口位人体颞下颌关节盘后组织的结构特征，认为盘后区是一个以后部关节囊为底，上下板为壁，盘后带为顶的四边形，中央区富含纤维弹性组织，脂肪，静脉丛和神经等，弹性纤维分布其中，构成网状支架，闭口位上板呈折叠状，中央区被压缩，体积最小，开口时，中央区扩张，补偿髁状突前移造成的压力差。作者提出盘后区内存在压力补偿机制（pressurecompensating mechanism）或容积补偿机制（volume compensatory mechanism）。

近来的这些研究对盘后区在髁状突运动中的弹性回缩作用提出了质疑，尽管如此，有关盘后区的结构和功能仍存在争议。

（二）盘后组织的拉伸力学研究

1. 盘后组织的应力时间特性　与其他生物软组织一样，盘后组织具有明显的粘弹性效应。其应力松弛程度较关节盘和囊-韧带复合体大，盘后组织在拉伸载荷作用下，产生一定应变，组织内的应力将随时间而减弱并趋于一定平衡状态。在这个过程中，水的流动可使应力扩散，水在组织中运动的相对速度取决于水通过固体孔隙的渗透性的大小，组织对水的渗透性不同，应力松弛效应也不同。从生理意义来说，盘后组织的渗透性在关节软组织中相对较高，可能与该组织中关节滑液的产生与运输，促进关节润滑过程以及关节内代谢有关。

2. 盘后组织的应力应变特性　生物软组织在力学上可看成是由胶原纤维，弹力纤维和蛋白多糖基质构成的复合材料，它的力学行为取决于结构组成及其各组成部分之间的相互作用。一般认为，小变形时弹性纤维承受较大应力，当变形稍大直至破坏，应力主要由胶原纤维承受，蛋白多糖对组织的强度影响较小，但影响组织受力后的变形历程。对盘后组织的组织学、组织化学研究认为，盘后区主要是由疏松的Ⅰ型胶原纤维，散在的弹力纤维网，大量静脉窦，小动脉，淋巴及结缔组织小梁构成的具有高度顺应性的组织，富含低分子量的硫酸肤质蛋白聚糖。由于固体基质多呈分散状态，只在某一区域纤维定向排列，在受到外来载荷作用时，使更多的纤维排列一致，以承受更大的拉伸应力，一旦胶原纤维排列与受力方向一致，拉伸刚度则急剧增大。Chmura(1987)对恒河猴的盘后组织进行了离体力学测试，发现盘后组织的弹性模量和极限拉伸强度与腱相似，并记录到5%的应变可能是生理应变长度。Miller(1995)对13个山羊盘后组织进行了拉伸力学研究，雄性最大应力和拉伸模量为0.43MPa 和 3.09MPa，雌性为 0.32MPa 和1.67MPa，认为拉伸模量的性别差异可能是女性更易发生关节盘损伤或盘前移位的潜在因素。对新鲜尸体盘后区拉伸力学的研究发现，盘后组织的拉伸强度(破坏应力)、拉伸模量低，但破坏应变较高(表12-5-5)。盘后组织具有较低的强度安全储备，组织的被动变形很大，说明盘后组织牵引关节盘后移的能力有限，从生物力学的研究表明，盘后组织被动变形很大可能是关节盘前移的潜在因素。

表 12-5-5　盘后组织拉伸屈服和破坏时的拉伸力学性质

	屈　服	破　坏
破坏应力（MPa）	2.46±0.97	1.76±1.01
破坏应变（%）	48.75±23.23	95.25±33.19
能量吸收（N·mm）	4.95±2.99	19.29±13.21
拉伸模量（MPa）	4.34±3.27	

（引自康宏等，1997）

3. 盘后组织不同区域的应力时间特性与应力应变特性　内外侧部分在应力松弛方面无明显差异。但盘后组织外侧拉伸强度和拉伸模量略高于内侧，抗破坏能力大于内侧，其生物学意义可能与对抗关节盘前内侧翼外肌上头的牵拉作用有关。反映出在组织内部纤维组织定向排列的程度并不相同，盘后区外侧的纤维从后外斜向前内走行，而内侧富含弹性蛋白的纤维排列较直，易被拉伸，可能是其

表现不同力学特性的因素之一。

从临床角度考虑，盘后组织本身的这种低抗拉强度和抗变形能力与较高的破坏应变的力学特性以及内外侧盘后区力学性能的不一致，可能与关节盘移位和盘后区多发穿孔现象有一定联系。许多研究认为盘前移是盘侧韧带受损，盘的生物力学限制作用减弱的结果，与盘后组织的作用并不十分密切，而盘前移可使盘后组织承受持续的拉伸载荷，导致盘后组织的适应性改建或异常改建，后者使组织内产生异常载荷，久之易造成纤维组织变薄，断裂，破坏或穿孔。提示恢复并维持盘突复合体的正常位置与功能是预防关节内微小创伤发生，避免盘后组织受损的有效途径。

第五节　颞下颌关节疾病诊断和治疗中的生物力学考虑

造成颞下颌关节病变的生物力学因素在于关节承受了不适当的长期的超负荷作用。如翼外肌功能异常，紧咬牙、夜磨牙或偏侧咀嚼习惯，髁状突形态异常，关节盘位置形态异常等都会造成关节负荷过大。一旦关节应力超过了关节软骨张力的极限强度，就要损伤软骨及其周围的软组织，甚至软骨下骨。由于关节软骨细胞的活力相对较弱，应力的存在常导致损伤过程很难修复。因此，如果能够充分地减少关节内的异常应力状态，病变的关节组织是能够愈合的。

减少关节内负荷的方法有两种，即减少关节负荷量和增加负荷承载面积。这两个方面可以通过非手术或手术途径进行。考虑到颞下颌关节结构的复杂性，手术方法会带来一定程度的损伤，目前近95%的颞下颌关节病患者可以通过非手术综合疗法治愈，另约5%的患者考虑采用手术治疗。

减少关节负荷的方法是颞下颌关节疾病最基本也是最重要的治疗途径。咬合板治疗是临床治疗关节疾患的常规方法，其主要作用在于调整肌肉的张力水平，减轻关节内压力，使髁状突-关节盘-关节窝位置关系能够保持正常的应力轴传导，有利于应力的合理分布和缓冲，保护关节组织不受损伤，并促进病变组织的愈合。对患病关节的合理使用、训练也是非常重要的。通过手术松解或切断翼外肌上头对关节盘的前牵引作用，对治疗某些不可复性盘前移的关节病患者也取得了成功。由于髁状突高位切除术以及人工置换的关节都难以避免关节退行性病的发生，如何减少关节负荷、增大关节承载面是临床医生和科研工作者都亟待解决的问题。

（易新竹　康　宏）

第六章　固定修复生物力学

口腔修复学是建立在生理学、生物力学、生物材料学及工艺学基础上的一门临床医学科学和技术。其主要治疗是利用人工修复体来恢复或重建口腔缺损或缺失组织的解剖形态与生理功能。

修复体作为恢复缺损或缺失组织和器官的机械结构，与机体有着密切关系。当机械外力施于修复体上时，通过它可使机械的或物理性的外力，由于机体的生物性反应而转变为生理功能。因此，要求修复体应符合生理学原则，又必须应用机械力学和工程学的基本规律，使其建立在生物力学的基础上。

将生物力学的研究手段应用于口腔修复，对口腔组织结构及修复材料内的应力进行测定分析，可以了解修复体及组织受力的大小、方向，以及作用力的传导及分布方式等，从而指导和改进修复的设计及治疗，以提高修复治疗的效果。

固定修复主要是对牙体缺损及牙列缺损进行修复治疗，这种修复体是固定于口腔的牙体组织上或牙列内，而患者是不能摘下来的。固定修复体分为嵌体、全冠、桩核冠及固定义齿，因其形态及组织结构的不同，其应力状态及𬌗力的传导也不相同。

固定修复生物力学研究手段有实验应力分析法和理论应力分析法。随着科学技术和计算机技术及软件的开发应用，目前有限元法应用较多，早已从二维发展到三维研究，从同性发展到各向异性，从均质发展到非均质，从静态发展到动态，使研究及模拟更接近人的生理状态，所得研究结果更可靠、更有价值。1997年国内学者报道采用新手段电子散斑干涉技术（ESPI）对固定桥基牙、牙槽骨受力的变形进行分析，得出与前人研究相似的结果。实验应力分析法的发展已从二维进入三维，从体外模型模拟进入动物实体模型研究。

第一节　嵌体的生物力学

嵌体是在缺损牙上制备一定的洞形，应用人工材料恢复缺损牙的解剖形态及生理功能。需要将缺损牙加以制备，使之具有一定的固位形及抗力形。修复体在口外完成后粘固于口腔内的窝洞中，使之与牙体结合形成整体。

一、牙体组织切割时的应力

为了获得一定的固位形及抗力形，修复前必须对缺损牙体组织进行一定程度的切割手术。当牙体组织切割时，可造成牙髓组织的损伤；此外切割因去除部分牙质，使剩余牙体组织的量减少，使其承受𬌗力的能力下降。故对牙体切割应当谨慎而保守。

（一）切割产热

牙釉质与牙本质的各向异性性质，使其能承受与釉柱、牙本质小管平行的较大载荷，而对垂直于釉柱及牙本质小管的载荷承受能力较差。牙体组织的切割是一系列局部的牙釉质和牙本质的折裂。高速钻头产生应力-应变-折裂的快速循环。

当牙体组织内产生应力而折裂时，在切割界面产生表面热，当表面热传导至牙体组织中时，可引起牙本质膨胀，而产生压应力，这种压应力须通过张应力层与之相平衡，压应力与张应力的并存，可引起牙体组织深部的折裂，故在进行牙体组织切割时，必须用水冷却，以防止牙髓的损害，并去除切割残屑。

（二）牙体组织的保存

由于修复牙具有缺损，与完整的活髓牙相比是较脆弱的。应力分析结果显示：剩余牙本质越少；在载荷作用下牙本质内的应力值越高，其折断的可能性越大。因此在修复治疗中，应尽可能保存牙体组织，以增强修复牙承担𬌗力的能力。在进行牙体组织切割手术时，必须考虑到剩余的牙釉质是否有适当的牙本质支持，牙体制备后是否仍有适当的牙本质存在

二、嵌体的固位力

修复体牢固地附着在基牙上或窝洞内，在进行

功能时，能抵抗各方向的殆力，而不松动和脱位，这种抵抗修复体松动及脱位的力，称为固位力。修复体的固位力，主要依靠摩擦力和粘着力而获得。

（一）摩擦力

摩擦力是两个相接触而彼此之间相对运动的物体相互作用的结果，其大小与相对运动物体间的法向压力及接触面积成正比。嵌体或修复体与制备体吻合面之间，产生法向压力，两者之间越吻合，接触面积越大，其摩擦力也大，修复体的固位就越好。因此，为了增强修复体的固位力，修复体与制备体应非常密合，并尽可能增大修复体与制备体的接触面积，如增加窝洞深度，增加修复体覆盖制备体的面积等。Cowell 等通过试验证明：固位力与制备体轴壁的聚合度成反比。但聚合度在 1°～4°时，对固位无明显影响，如果聚合度为 10°，则固位力明显下降。为了增加固位，应尽量使制备体的各轴壁平行。

下颌运动是多方向的，牙齿的殆面并非平面，牙尖有一定斜度，牙齿及修复体的受力方向是多变的，因此修复体的脱位既可能是垂直向的，也可能是侧向的。为了增强修复体的固位力，防止其侧向移位，可在制备体的殆面制备鸠尾形，或在制备体的轴面形成轴沟，或在制备牙上做针道固位形，以增强固位。

（二）粘着力

粘着力又称粘固力。这种力是依赖于粘固剂（或粘接剂）的粘固力，将修复体与制备体粘固在一起成为整体。

粘固的意义是指相互接触的物体表面间的机械锁结，依赖着两表面的粗糙度，粘固剂在未凝固之前，渗入物体表面上的微孔内或倒凹内，使修复体获得一定的粘固力。粘固力的大小与粘固面积，粘固膜的厚度和粘固介质污染程度有关。

此外，粘固力除物理结合外，还有化学结合，这种结合是粘固剂中的某一成分与牙本质的物质结合。以上两种结合即物理结合、化学结合均具有的粘接剂，则粘固力更强。

第二节 冠的生物力学

近年来随着口腔生物材料的不断发展，为了适应 21 世纪快节奏和人们对美的追求，国内外学者们研究应用陶瓷制作义齿，这种义齿不但色泽与天然牙色协调一致，美观，而且生物相容性好，不致敏、致畸，深受广大患者喜爱。如现在应用于临床的铸造陶瓷冠、玻璃瓷冠以及切削陶瓷全冠。国内 1998 年新研制出的具有高强度、高韧性的氧化铝玻璃复合切削陶瓷材料，为计算机辅助设计和计算机辅助制作（CAD/CAM）义齿创造了有利条件。

一、全瓷冠和金瓷冠

（一）修复体的设计

陶瓷材料抗张强度低，陶瓷的折裂常源于表面的张应力。修复体设计时应尽可能减小张应力的产生。如前牙陶瓷冠的唇侧颈缘为应力集中区，因此，陶瓷冠的唇侧颈缘及金瓷冠唇侧的金属底层应适当增厚，可有效降低张应力。光弹法及有限元应力分析结果为全瓷冠及金瓷冠的修复设计提供了科学依据，冠的边缘设计成圆钝内线角的台肩型或凹面型；金瓷连接处应远离咬合接触区；冠的制备体轴壁应尽可能平行；以增强冠的固位力，且表面光滑无尖锐转角，以避免应力集中；全瓷冠殆面厚度应不小于 1.5mm，以增强抗力。降低瓷冠殆面牙尖斜度，以减小冠的张应力和剪应力。三维有限元研究结果指出：当全瓷冠殆面受载时，冠表面的应力＞冠内部的应力＞制备体的应力，提示陶瓷全冠的殆面、殆轴角应有 1.5mm 厚度，而且冠外表面应高度磨光，消除裂纹，以免因裂纹扩展导致冠折。

（二）修复体的粘固

修复体与制备牙体组织间有效的粘固，对殆力的传导与应力分布具有重要意义。特别是全瓷冠的粘固，近年来国内学者提出通过粘接界面的处理和粘固剂的粘接使全瓷冠与牙本质牢固地结合在一起，形成一个有机的整体。这一观点具有创新性，其依据为天然牙齿的结构，最外面一层为牙釉质，内层为牙本质，二者是有机结合的梯度材料。并对这一新的概念模拟口腔环境进行实验研究，结果指出，全瓷冠粘接后生物强度（整体强度）明显提高，应用国产 EB-Ⅱ型粘接剂粘接，HF 酸处理界面，其整体强度为 7158.85kPa，Panavia EX 常规界面处理，其整体粘接强度为 7845.32kPa，而牙齿的正常咬合力值男性磨牙为 3922.7kPa，则全瓷冠

粘接后其整体强度已完全可承受日常咀嚼食物的咀嚼压力。

关于陶瓷与牙体组织的粘接，国内学者1997年的最新研究指出：由于陶瓷材料的组成、结构不同，为了获得最佳粘接强度，应选择或研究适应各陶瓷特性的专用粘接剂，并选用化学固化型或双重固化型（化学与光固化）的树脂粘接剂粘接陶瓷，可获得粘接强度最高的全瓷修复体。

二、核 桩 冠

（一）核桩的作用

核桩冠是利用金属桩插入根管内而获得固位的修复体。由于医师观念的改变，残冠残根的保留愈来愈多，因此，核桩冠的修复是临床上最常采用的修复体。核桩的作用除了提供修复体的固位之外，对剩余牙体组织的保护是其另一重要作用。由于冠部大部分牙体组织缺失，牙髓组织失活，剩余牙体组织承受殆力的能力明显降低，如果不作核桩修复，殆力的冲击直接传至余留牙体组织，则牙体易折断，在临床上曾见瓷冠试戴时，余留牙体组织折断，而重新作核桩修复。国内学者采用三维有限元法研究金瓷冠修复时，考察核桩是否具有增强牙齿抗力的作用，其结果发现：金瓷冠修复无金属桩核时，其牙本质及瓷修复体可能产生折裂，金属核桩能显著提高牙齿的抗力。

（二）桩的设计与应力分析

桩的设计必须有助于桩的固位与保护牙体组织功能的发挥，核桩冠修复后剩余牙体组织能获得最佳的应力分布。制作桩的材料应能承受较大的殆力而不发生永久性变形，一般多采用金属材料制作桩，该材料具有较高的屈服强度和抗张强度。

桩的形态：从目前来看，虽有锥形、圆柱形、光滑形、螺纹形等多种，但根据根管的形态，临床上实际应用的是锥形桩，因其符合根管自然形态。锥形桩戴入时，无明显的液压产生，多余的粘固剂易于溢出。锥形桩在殆力作用下易产生楔效应，而趋于劈裂牙体组织，从沿桩长轴侧向放射的应力可证实其效应。预备的根管锥度越大（即桩的直径在根管口处愈大，向根尖处愈小），则其桩的楔效应越明显。粘固剂层起着应力缓冲作用，可降低局部应力集中。

桩的直径：增加桩直径虽可增大桩与根管的接触面积，改善桩的应力传递，但却削弱了剩余牙体组织的抗力。应力分析结果指出：桩周的牙本质厚度直接与牙齿承受侧向力的能力成正比。因此，临床上不应增大桩直径来增强桩的固位改善应力分布。一般桩直径应为根直径的1/3。

桩的长度：众所周知桩长应等于或大于临床牙冠长度。这样既可降低修复体的旋转中心，又有利于载荷分布到剩余牙体组织上。当根管长度达不到要求时，可设计辅助针道，或多根桩，以保证桩的固位及应力分布能力。

1996年国内学者采用有限元法研究桩核修复体组织面设计，结果提示：临床上制备的根面与根管壁夹角不应成锐角，以免核桩冠修复体承受殆力时，抗力减弱导致牙本质碎裂，而应制备成直角。制作核桩冠时应尽力保留牙冠的牙体组织，以增强牙体组织的抗折能力，提高修复效果。

第三节 固定义齿的生物力学

固定义齿即固定桥。随着生物力学的创建与发展，国内学者们从生物力学角度对固定桥的受力状况和应力分布进行大量的研究。力求使固定桥的设计和基牙的受力建立在生物力学基础上，达到优化设计，以提高修复体的质量，延长修复体使用时间，并保护基牙的目的。

关于固定桥生物力学的研究，主要从桥体固位体的表面应力、桥基牙牙体组织应力，以及桥基牙牙周组织应力情况进行研究。

一、固定桥表面应力分析

综合多项研究，其应力分布规律如下：

作用于固定桥上着力点的部位、载荷的大小、方向均对固定桥表面应力分布有较大影响，即载荷大，则桥体的应变也大；固定桥基牙的支持力对桥体表面的应力分布有一定影响，基牙牙周支持力强，则桥的形变小，反之则大；固定桥的设计及制作固定桥所用的材料性能等均是影响桥体和固位体应变的重要因素，特别是桥体的类型和桥的长度、宽度和跨度，例如双端桥的表面应力分布比单端桥更分散，对桥基牙损伤小，而三基牙桥又优于两基

牙桥；桥体、固位体𬌗面的载荷着力点和连接体处是各种应力集中的区域。

二、固定桥基牙牙体组织的应力分析

固定桥的类型不同，基牙牙体组织应力的大小及分布也不同。从力学观点看三基牙双端桥优于两基牙双端桥及半固定桥；桥基牙牙体组织应力大小及分布与基牙牙根的数目、形态有密切关系，多根牙可承受较大的𬌗力，且根部应力值小；固定桥承受载荷时，不管是垂直向还是斜向外力，基牙牙体组织的颈部和根尖区均出现应力集中；固定桥受的载荷大，则桥基牙牙体组织的应力也大，接近载荷着力点的基牙其牙体组织的应力也较大；固定桥基牙有邻牙时，则固定桥上的外力通过接触点可传至邻牙上，使桥基牙的应力减小。

三、固定桥基牙牙周组织的应力分析

固定桥修复后改善了基牙的受力状况，有利于基牙牙周组织健康，故牙齿缺失后应及时进行修复；修复后各基牙牙周组织应力值增加，说明动用了"牙周储备力"，提示基牙牙周组织健康，才能具有良好的牙周储备力；固定桥的𬌗力由基牙和基牙的邻牙传递到牙槽骨和颌骨。固定桥受垂直载荷时，基牙牙周组织的应力，以压应力为主，应力在基牙颈部和根尖区最大。固定桥受水平载荷时，基牙牙周组织为较大的拉应力和压应力，约为垂直载荷的4倍，应力集中于牙齿颈部。因此，在固定桥设计中注意减小侧向外力；前磨牙基牙的牙周组织应力大于磨牙基牙的应力，约为其2～3倍，说明磨牙是理想的桥基牙；从基牙牙周组织应力分布看，固定连接体的桥基牙比活动连接体的基牙应力值低。

为了提高修复体的质量和修复效果，保护基牙及邻牙使修复体舒适、美观、耐用，在设计和制作固定桥时，应尽可能的减小或避免基牙牙体、牙周组织的应力集中现象。

展望：关于固定修复生物力学研究，国内学者已作大量工作，取得丰硕成果，但尚处于宏观研究阶段。要了解人体组织正常的和修复后的力学变化奥秘更需要加倍努力深入研究。近年来由于细胞学和分子生物学的迅速发展，国内学者着手进行细胞力学及力学与分子生物学相结合的研究，使生物力学的研究由宏观研究逐渐进入微观研究，这一研究虽难度大，但代表21世纪口腔固定修复发展的方向，尚须努力去实现。

（赵云凤）

第七章　可摘义齿生物力学

可摘义齿包括可摘局部义齿及全口义齿，随着生物医学工程和生物力学的发展，近几年来可摘义齿生物力学的研究也得到迅速发展。

第一节　可摘局部义齿的生物力学

可摘局部义齿就是人工牙、人工牙在生物医学工程中称为人工器官，人类最早应用的人工器官就是人工牙，到目前为止，人工牙仍然是人们应用最普遍的一种人工器官

由于各种原因，如外伤、龋齿、牙周病、先天缺牙等使上下颌牙列内一个或数个牙缺失，形成牙列缺损。牙列缺损后，影响患者的咀嚼、发音功能，以及前牙缺失后对面容美观的影响。牙列缺损可用可摘局部义齿进行修复，以恢复牙列的完整性和应有的生理功能。

可摘局部义齿的结构比较复杂，设计类型也是多种多样的。义齿多数由基牙与粘膜两部分共同支持。但义齿修复后怎样才能发挥更好的功能，怎样设计才能更好地保护基牙、保护失牙区的牙槽骨组织，这些均与力学有着密切的关系。在临床上常见义齿基托折断，是何原因造成的，应如何克服，都需要研究义齿的力学问题。通过义齿生物力学的研究，可以优化义齿的设计，以达到保护基牙牙周组织和口腔粘膜组织的目的，从而提高义齿的质量和临床应用的效果。

一、可摘局部义齿设计的力学

要使可摘局部义齿既有良好的功能，又有美观的外形，同时还能保护基牙、牙槽骨及粘膜不受较大的损伤，义齿的设计是个非常关键的问题。但是口腔的情况千变万化，因人而异，缺牙数目、余留牙情况、咬合关系及无牙区牙槽骨吸收情况的不同等，均可使义齿的设计复杂化，并增加了设计的难度。要设计一件较为理想的可摘局部义齿，从力学的观点出发，应考虑以下几方面。

（一）设计的力学原则

1．义齿具有良好的固位和稳定作用　当义齿戴入患者口腔内稳固不松动时，义齿才能发挥良好的咀嚼功能，这种可摘局部义齿才是较为理想的、达到要求的修复体。若义齿戴入口内松动，行使语言、表情和咀嚼功能时，产生脱位或移位，则这种义齿不仅不能使用，而且常常产生食物嵌塞，给口腔软、硬组织造成损伤。严重者可误吞入食管或气管，给患者造成极大的痛苦。这种情况在临床上时有发生。因此，要求可摘局部义齿必须有足够的固位力，特别是缺失1～2个牙的可摘局部义齿，其固位力要求更高。怎样才算有足够的或良好的固位力呢？就是要求可摘局部义齿，在行使功能时，能够对抗殆龈向的轴向力和颊舌向的侧向力，而义齿无移位或脱位现象。

2．基牙的数量适当　一般一件可摘局部义齿的基牙可有2～4个，不少于2个。基牙的数量上要根据基牙的形态、牙周情况、缺失牙数量及部位而定。如基牙牙冠短小或为畸形牙，或基牙牙周情况差，牙槽骨有部分吸收，基牙松动，但又可保留，则可以增加基牙，以分散殆力；如缺失牙齿多，或缺失牙集中在牙弓的一侧，义齿受的侧向力较大，则应增加基牙，以增强义齿的固位和稳定作用。若牙齿缺失多，为分散的间隔缺失，则可少选用基牙，以利寻求基牙的共同戴入道。

3．基牙在牙弓上的分布　可摘局部义齿的稳定，是义齿在行使咀嚼功能时，达到垂直向不翘动、不下沉和水平向平衡、不摆动的必要条件。因此，设计义齿时，必须考虑基牙在牙弓上的分布。基牙在牙弓上应分散，不宜集中，要求义齿基牙上的直接固位体的支点线位于义齿中部，或者支点线形成三角形或四边形，义齿才可能有良好的稳定作用。

4．保护口腔组织的健康　义齿所涉及的口腔组织，主要有基牙及缺牙区牙槽嵴（骨）和粘膜，以及口腔唇（颊）侧和舌（腭）侧粘膜组织。

（1）广泛而均匀的分布殆力：合理和恰当的设

计，通过卡环、殆支托、连接杆和基托将义齿承受的殆力均匀地分布于基牙和牙槽骨的粘膜上，以减小基牙和口腔组织单位面积上承受的负荷，避免某处受力过大而造成损伤。必要时，可适当增加殆支托的数量，或扩大基托面积，以分散殆力。

（2）建立平衡殆：义齿戴入患者口内后，通过调改咬合，使义齿行使功能时的咀嚼压力分布于各基牙和人工牙上，而无早接触点、早接触区，达到保护组织的目的。

（3）调节卡环的固位力：卡环的固位力应适宜。固位力过大，患者摘戴义齿困难，基牙易受损伤。应根据卡环臂弹性的大小来确定卡环臂放置于基牙倒凹区的深度。一般认为深度大，则卡环臂对基牙产生的压力也大，倒凹的深度应小于1mm。基牙倒凹的深度是指分析杆（倒凹计）至倒凹区牙面间的垂直距离。

（二）殆支托的设计

殆支托位于基牙邻缺隙侧的近中殆面或远中殆面。支托由金属铸造而成，它在基牙殆面的位置，称为殆支托凹，或殆支托底面。殆支托底面与基牙长轴的垂线形成一定的角度，角度的不同，对殆支托殆力的传导有密切关系。传统的殆支托底面的制备应与基牙长轴成90°角或小于90°。

随着生物力学的发展，学者们对殆支托底面斜度进行研究。汪文骏（1985）用光弹法对第二双尖牙、第二磨牙殆支托凹底度数进行研究，结果指出：合理的殆支托凹底应制备成与基牙长轴作的垂线呈正交20°左右的夹角。这样义齿上传来的垂直殆力，才能通过殆支托和基牙，顺长轴方向，均匀的传递到牙周支持组织。

1992年王雅北等用有限元法研究殆支托底面的斜度，结果表明：殆支托底面与基牙长轴垂线的夹角应大于0°，双尖牙为10°左右，磨牙为20°左右，均为合理斜度。在上述斜度时，基牙所受的殆力，通过其转动中心，产生侧向力小，牙周膜中应力分布均匀。

以上研究说明传统的观点虽被人们接受，但生物力学的研究，更能说明问题，通过力学分析，获得正确答案。这一新观点的创立，是学者们不断努力和探索的结果。

（三）远中游离端义齿的设计

这类义齿的游离鞍基在基牙的远中，说明鞍基的远端无天然牙存在，故称为远中游离端义齿。

由于游离端义齿远中无基牙支持，承受殆力时应力的分布较复杂，常使基牙产生损伤、松动，鞍基下沉，失牙区牙槽骨吸收较多，义齿功能受到影响，且义齿戴上后常产生压痛。为此，国内外许多学者对游离端义齿进行了大量研究，其目的是企图寻求一种理想的修复设计，以减小对基牙和粘膜牙槽骨的不利影响。

Fenner等（1956）研究发现，在戴入义齿时，基牙动度增加，取出义齿后，则基牙动度减小。Cecconi等的研究认为造成基牙承受过度负荷的原因有两个，一种是义齿的移动；另一种是咬合力。义齿的移动程度与基托下软组织的厚薄和致密度有关，较厚的软组织比薄的移动度大，不致密的比致密的移动度大。基托与粘膜的贴合程度，与义齿的移动也有关系，这点与取印模的操作技术有关。游离端缺牙区应用流动性好的弹性印模材料，在功能压力下取印模，这样承受殆力时，义齿才不会下移，或下移较少，对基牙产生的扭力也会小些。

关于咬合力的影响，有学者提出人工牙殆面与鞍基应有一定比例，一般为1:5，牙槽嵴差者可为1:4。通过减小牙尖高度或减少牙单位来减轻殆力，从而减小基牙的受力。

Craig等（1978）用有限单元法研究远中游离端义齿的应力分布。当磨牙缺失，以第二双尖牙为基牙进行修复，在基牙远中放殆支托，颊侧放I杆卡臂。结果发现当以222N载荷集中作用于第二磨牙的中央凹时，则磨牙后垫区应力值为0，第二双尖牙远中应力值的25MPa，第二双尖牙的颈部应力值为30MPa，牙根的远中降低为20MPa，而在根尖区有明显的应力集中，应力值高达100MPa。当在第一、二磨牙上施加分散载荷时，则第二双尖牙牙周支持组织的应力分布规律与集中在第二磨牙上加载荷，应力分布相似，但应力值降低约20%。这一结果说明义齿上的人工牙承受分散殆力时，作用于基牙牙周组织的应力小，集中载荷，则作用于基牙牙周支持组织上的应力大，易损伤基牙。不管是集中载荷或者分散载荷，基牙的牙周组织应力分布多集中在基牙的根尖和牙冠颈部，由于这些力的长期作用，所以在临床上常见基牙根尖部与颈部产生病损。

1982年McDowell等采用光弹性方法分析游离

端义齿的间接固位体的作用。结果表明：间接固位体可将垂直向殆力传递到两个有间接固位体的基牙上，将水平向殆力传递到间接固位体及载荷对侧的主要基牙上，因而由于间接固位体的存在，减小了主基牙上的应力，将应力传至更多的支持牙上，条纹值由2.35减至0.37。间接固位体起到了平衡义齿，稳定义齿和保护基牙的作用。

1983年、1985年汪文骏等用电测法对游离端义齿在垂直载荷的作用下，不同设计的应力分布进行实验研究。结果指出：近、远中殆支托对基牙及牙槽骨的应力影响并不大，更重要的是作用力的方向，认为侧向殆力是影响基牙受力大小的主要因素；游离端义齿承受垂直向殆力时，基托下组织主要承担了力量；并指出游离端义齿多采用混合支持，应分主次，如基牙好数量多，牙槽嵴差时，则可以牙支持为主，采用分散的多基牙多固位体。若基牙少，而牙周支持组织较差，牙槽嵴丰满，则可以粘膜支持为主，在适宜时可设计RPI卡环。

1998年张斌、李满园采用全息干涉法对离体下颌骨游离端义齿的设计进行分析，结果认为设计近中殆支托卡环对基牙的移位小、损伤小，以RPI卡环的位移量最小。

Berg提出义齿的支持、稳定、平衡是设计的主要目的。作者认为在设计游离端义齿时，必须从力学的观点对殆支托的位置、数量、底面斜度，导平面位置、固位体、连接体和基托等的固位传力，甚至于人工牙的数量，形态等加以认真考虑研究，才能设计出较为理想的，符合患者口腔情况的游离端可摘局部义齿。

二、可摘局部义齿功能的恢复

牙列缺损因缺牙的部位、数目不同，则丧失的功能大小也不相同。关于咀嚼功能的丧失和恢复的大小，目前常用咀嚼效率和殆力测定的方法来判定。

咀嚼效率（masticatory efficiency）指一个人在一定时间内将一定量的食物嚼碎的程度，以百分率表示，故称为咀嚼效率。咀嚼效率的高低可以代表咀嚼能力的大小，说明咀嚼活动的实际效果。殆力（occlusal force）指上下颌牙在功能过程中产生的力量，又称咀嚼压力（masticatory pressure）。Lassila等（1985）对不同年龄的成年人戴用不同类型义齿的89例受试者最大殆力值进行测定，结果表明：殆力随年龄的不断增大而减低；男性殆力大于女性殆力；天然牙的殆力大于义齿的殆力；局部可摘义齿恢复的殆力大于全口义齿恢复的殆力。

（一）非游离端义齿功能的恢复

非游离端义齿指义齿的鞍基前后均有基牙。日本学者河村洋二郎咀嚼效率的研究结果指出：第一磨牙缺失，咀嚼效率减少33%；第二、三磨牙缺失，咀嚼效率减少44%，第一、二磨牙缺失咀嚼效率减少66%。并认为牙齿缺失后用义齿修复，义齿的最大咬合力仅为健康天然牙的1/3，甚至有时在1/10以下。黄跃华（1990）研究可摘局部义齿修复前后的咀嚼效率，表明第一磨牙缺失，咀嚼效率丧失35%，义齿修复前该患者的咀嚼效率为正常者的65%，修复后为正常者的81%，提高咀嚼效率16%。

第一磨牙的殆力测定，Schroder报道成年人上下牙齿咬合时，第一磨牙的最大殆力值为382N，也有人测得第一磨牙的殆力为445N，作者用自制殆力仪测定成年人第一磨牙殆力值为43～441N。因存在个体差异，以及测量方法的不同，结果也不同。并测试了第一磨牙缺失，戴用可摘局义齿（活动桥）的殆力，分别测试男、女戴活动桥后的殆力恢复情况，同时以对侧健康的第一磨牙作对照组，结果提示：男性戴义齿者平均殆力值为219N，而对照组为404N；女性戴义齿者平均殆力值为140N，对照组为273N。义齿修复后约恢复咀嚼功能为50%。

（二）游离端义齿功能的恢复

游离端义齿指义齿的鞍基远中无基牙，基牙位于鞍基的近中。例如肯氏Ⅰ、Ⅱ类牙列缺损。黄跃华等（1990）的研究结果指出：肯氏Ⅰ类牙列缺损，咀嚼效率丧失73%，修复前为正常殆者的27%，义齿修复后为正常殆者的68.5%，故戴义齿后咀嚼效率提高41.5%。Ⅱ类牙列缺损，咀嚼效率丧失63.5%，修复前咀嚼效率为正常殆者的36.5%，义齿修复后为正常殆者的69.5%，戴义齿后提高咀嚼效率33%。周光明等（1991）对双侧游离端（肯氏Ⅰ类）义齿的咀嚼效率进行研究，该研究采用吸光度法和殆力测定方法。殆力测定法是分别测定双侧各人工牙殆力值，然后相加，求出总殆力值。结果显示：双侧游离端义齿戴用后，咀

嚼效率与𬌗力值呈正相关关系，即𬌗力值愈大，咀嚼效率愈高，并提出年龄与咀嚼效率呈负相关关系，即年龄愈大者咀嚼效率愈低，这可能是随着年龄的增大，牙齿缺失增多，牙周情况变差，同时牙槽骨吸收较多等原因所致。还发现双侧游离端义齿的人工牙采用西德拜尔牙较国产成品塑料牙咀嚼效率高；肯氏Ⅰ类牙列缺损者咀嚼效率在义齿修复前为正常𬌗者的43%，其对颌为天然牙，戴用义齿3个月后，该患者的咀嚼效率恢复到正常𬌗者的94%。并经咬合音诊断仪检查进行准确的调𬌗，建立了良好的𬌗平衡，故咀嚼效率明显提高。李惠玲等（1987）测定下颌游离端义齿的咬合力，仅测义齿人工牙的第一磨牙最大𬌗力值，结果表明：第一磨牙𬌗力值为137N，𬌗力值随着年龄的增大而降低，男性𬌗力大于女性𬌗力，单侧游离端义齿𬌗力值大于双侧游离端义齿𬌗力值。还发现1例双侧磨牙缺失的游离端义齿的𬌗力，偏侧咀嚼者常用侧的𬌗力值为451N，废用侧仅为196N，两侧𬌗力值相差非常悬殊。

综上所述，义齿修复恢复咀嚼效率是较明显的，而且随着戴用义齿时间的增长、患者习惯使用义齿，咀嚼效率可不断提高，戴用3个月后咀嚼效率恢复达到94%，说明义齿可发挥较大的咀嚼功能。而且义齿的修复不仅恢复生理功能，还改善了患者的面容，增进了美观，恢复了患者心理上的平衡。义齿修复促进了全身心的健康。

三、保留天然牙牙根对可摘义齿修复的力学意义

在口腔修复临床工作中，国内外学者提倡保留牙根进行修复。Miller（1958）报道在全口义齿基托下保留孤立的天然牙，10年后复查，发现覆盖基牙牙周组织重获健康。Waller 和 Strohaver（1976）还将这种覆盖牙根的修复方法应用于可摘局部义齿的修复。

当牙冠部分缺损，而牙根健康时，则将牙根保留下来，在其上制作义齿基托，一般称为覆盖义齿。由于覆盖的牙冠或牙根的𬌗面和龈缘暴露在口腔中，常易患龋坏或牙周病。可采取涂药防龋或清洗，保持口腔卫生。近年来有些学者将牙根埋藏在口腔粘膜下，称为潜没牙根（submerged root），并在潜没牙根上制作义齿，已获得成功。目前仍在不断的研究和改进。

（一）牙周组织结构的力学特点

牙周组织由牙周膜、牙槽骨、牙骨质和牙龈组成。这里主要讨论牙周膜、牙槽骨的结构力学特点。

1. 牙周膜　牙周膜是位于牙根和牙槽骨之间的结缔组织。牙周膜内主要有胶原纤维、构成纤维束、排列呈一定方向，牙颈部为横向纤维，根尖区为垂直向纤维与牙齿长轴方向一致，其余根部纤维为斜向纤维，其结构由功能所决定。由于牙周膜的这种结构，使牙齿对垂直向力和侧向力的反应不同。牙齿承受垂直向力时，可使应力较均匀地分布于牙周膜上；承受侧向力时，则一部分牙周膜纤维过度紧张，而另一部分纤维受压松弛，故侧向力易造成牙周组织损伤。

牙周膜中除纤维外，还有细胞、血管、淋巴管和神经。在牙周膜中分布着丰富的神经纤维丛，有触觉感受器和接受痛觉的神经末梢。因此，加在牙冠上的极轻微的压力也能被感觉到，还可对压力的大小和方向有准确的定位，即可指出压力是施加于哪个牙齿上的。

牙周膜的功能主要是牙周膜纤维将牙龈、牙骨质和牙槽骨紧密地结合在一起，以支持牙齿行使咀嚼功能。牙周膜中还有成牙骨质细胞和成骨细胞，可继续形成牙骨质和牙槽骨。一个无髓牙，只要有健康的牙周组织，其中的牙周膜仍可继续形成牙骨质，维持牙体与牙周连结，并有微量营养代谢。可见，一个无髓牙只要不构成感染，对机体是有益无害的，此为保存无髓牙提供了理论依据。

2. 牙槽骨　牙槽骨是颌骨的一部分，是包围着牙根的颌骨突起，根据其形状称为牙槽突或牙槽嵴。牙槽突的内壁接近牙根与牙周膜相连的部分为硬骨板，牙槽突外壁是致密的骨皮质，骨皮质与硬骨板之间是支持骨即骨松质。牙周膜与牙槽骨之间有血管、神经和结缔组织相贯通、可互相交换营养物质。

牙槽骨是不断地吸收、不断地新生，是人体骨质中最易变化的骨组织。其变化最多的是在接近牙周膜的地方，这主要是由于牙齿的生长、萌出和生理性移动而产生的。同时在牙齿行使功能时，𬌗力的刺激对牙槽骨的发育、结构也产生较大的影响。如无功能性刺激的牙齿其牙槽骨将产生废用性萎

缩、骨小梁变细小，排列方向紊乱，髓腔变大，支持骨疏松。

（二）义齿保留天然牙牙根的力学效应

在口腔修复临床工作中常遇到不少患者不愿意拔牙，希望尽最大的努力保留牙齿，甚至于牙根。这是因为人们认为牙齿的数量是有限的，拔掉一颗就少一颗；反之，保留一个就会多一个，故不愿拔牙。还有极少数人是由于患有某种疾病不宜拔牙，或必须在监护下才能拔牙，对拔牙产生恐惧心理，因而保留了天然牙残冠或牙根。保留的天然牙冠或牙根，应作根管治疗，要求无炎症，无其他病变存在，牙周组织是健康的，否则不应保留。

1. 保留天然牙的牙冠或牙根，当义齿承受𬌗力时，𬌗力不仅传至牙槽嵴的粘膜，同时也传至保留的牙根上，则𬌗力可由牙周膜传递到牙槽骨及颌骨，将𬌗力分散。此外，由于保留的牙根负担了部分咬合力，从而减了牙槽嵴粘膜上受的压力，保护了粘膜组织。

2. 保留了牙根就保留了牙周膜的本体感受器和神经末梢，可以控制义齿上𬌗力的大小和方向，使𬌗力维持在生理限度内，起到保护基牙和粘膜组织的作用。

3. 保留牙根就保存了牙周组织，义齿上承受的𬌗力通过牙周膜传至牙槽骨，这种持续地有规律的生理性刺激，可促进牙槽骨的血液循环，维持牙槽骨的正常生理状态和新陈代谢，保证牙槽骨的成骨和破骨的正常功能。这种牙周膜的血管化反应，以及牙周组织的正常功能对牙槽骨和颌骨都是非常重要的。

1978年许多学者的研究证实保留了牙根就保留了牙槽骨。Crum等研究对比保留牙根作覆盖义齿与无牙颌作全口义齿，追踪观察5年，头侧位X线片发现保留下颌尖牙作全口覆盖义齿者，前部牙槽骨垂直向吸收，平均为0.6mm，而戴全口义齿者平均为5.2mm，即相当于前者的8倍。保留牙根又提高咬合力。

4. 保留牙根就保存了牙周膜。由于牙周膜的存在，其成牙骨质细胞和成骨细胞，将持续地形成牙骨质和牙槽骨，仍可维持牙根和牙槽骨的正常形态。牙槽骨不会产生不断的吸收萎缩，保持着应有的高度、宽度和丰满度，对义齿的支持、固位和稳定都起着重要作用，并可使义齿发挥更好的咀嚼功能。特别是远中游离端可摘局部义齿，若其远端保留1～2个牙根，则可减轻或防止游离鞍基的下沉，有利于基牙、粘膜和牙槽骨的健康。

四、义齿基托折断的力学分析

临床上常见有些义齿戴用数年后，发生义齿基托折断的情况，其折断的原因甚多，一般与力学有密切关系。

（一）常见义齿基托折断的原因

1. 上下颌义齿的基托折断情况　据不完全统计，上颌义齿基托的折断多于下颌，例如在21件基托折断的义齿中，16件为上颌，其余5件为下颌。因其件数少，尚需进一步研究。

2. 基托折断在肯氏牙列缺损分类中的分布　肯氏Ⅳ类基托折断最多见，Ⅲ类次之，Ⅰ类较少。

3. 基托折断线的方位　对义齿来说有横折和纵折，前者多于后者。基托的横折多见于前牙缺失的义齿，断面多发生于义齿前部牙槽嵴顶附近，致使义齿的前部人工牙与腭侧基托分离。基托的纵折多见于后牙缺失的义齿。

4. 易折断的基托材料　多见于塑料基托，特别是国产一般塑料，以及金属网基托。因网细𬌗力大，特别是多见于余留孤立的下颌尖牙，如下颌仅有一个或两个尖牙存在时，舌侧基托很易在尖牙舌侧处折断。这是由于以尖牙为支点，基托前后或左右翘动，产生高应力使基托折断。

（二）义齿基托折断原因的分析

1. 前牙缺失，并深覆𬌗者，覆𬌗程度在Ⅱ～Ⅲ度者，因前牙区义齿塑料基托较薄，当义齿行使咀嚼功能时，由于𬌗力的作用，此处基托容易折断。若为金属基托，则可克服这一问题。应注意金属基托与人工牙的连接应坚固，防止人工牙与金属基托分离。

2. 塑料基托制作时未达到要求，基托厚度不足2mm，当义齿行使功能时，由于𬌗力的作用，基托容易折断。

3. 义齿的人工牙排列于牙槽嵴顶之外。例如后牙缺失，义齿的人工牙排列在牙槽嵴的颊侧，咀嚼食物时，牙槽嵴形成支点，成为Ⅰ类杠杆，致使义齿基托折断。

4. 义齿的基托不贴合，这可能与取模、牙槽

骨吸收等有关系，咀嚼时义齿翘动，长期下去，则使义齿的基托折断。

5. 咀嚼时患者用力不当，或突然咬合，或是不慎义齿坠地，致使义齿基托折断。

以上诸多原因，归结为义齿受力不平衡，出现义齿不稳定的支点，这些支点，主要是由义齿殆支托形成的支点。例如由粘膜与牙齿共同支持的义齿，义齿的基托由粘膜支撑，粘膜是软组织，具有一定的韧性，而殆支托是由基牙支持的，较坚硬，虽然牙周组织有一定的缓冲作用，二者相比，相差非常悬殊。当基托与粘膜不贴合时，咀嚼时，殆支托就形成了支点，支点附近的基托容易折断。这与临床上看到的现象完全吻合。

此外，还有义齿基托下组织形成的支点，例如粘膜下组织形成的骨突，上颌腭部的硬区及前牙缺失的牙槽嵴顶部均可形成支点，甚至牙槽骨的不均匀吸收等也可形成支点，使义齿不平衡，不稳定。支点的部位，很易造成应力集中区域，这些部位的基托，由于长时期的高应力的作用，疲劳裂纹出现，以后裂纹扩展并延伸，使基托断裂。

五、摘戴可摘局部义齿的力学

可摘局部义齿须经常清洗，保持卫生，必须由患者自行取出和戴入。因此，在制作前进行修复设计时，就确定了义齿的就位道（戴入道）。牙齿缺失的多少和部位，以及牙冠的长度和倾斜度不同，则义齿的戴入方式、方向也不相同。

（一）义齿的戴入方式

义齿的戴入一般有平行戴入和旋转戴入两种方式。平行戴入式指义齿的卡环、基托、连接体等均与口内基牙、余留牙和牙槽嵴接触的部分在同一方向，彼此之间保持着平行关系。这种平行戴入式，临床上应用的较多。而平行戴入式，义齿的戴入方向可能与牙齿殆面成垂直方向，故又叫垂直戴入。戴入的方向与牙齿殆面成大于或小于90°角，则为斜向戴入，可防止义齿在吃粘性食物时，向殆方脱位。

旋转戴入式，即将义齿的一端或一侧先行戴入，然后以此为中心，将另一端或另一侧戴入。这种戴入方式，义齿的固位好，不易从殆方脱位，特别适用于基牙牙冠短小，固位差的基牙，或者一侧基牙倒凹大的情况。

一般取出义齿时，旋转戴入式应先取出后戴侧，再取另一侧。而平行戴入式，则多数由龈方向殆方取出义齿，因其戴入方向是由殆方向龈方就位的，并从颊侧推义齿稍向舌侧而戴入牙列内的。摘取义齿时，应顺着前牙或后牙的牙弓弧形、牙齿的排列方向及牙齿的突度从龈方向殆方脱出，便可较容易的摘取义齿。例如摘掉上颌义齿，可用手指将义齿两侧卡环或基托固定，向下前方施力，并作向内的旋转，则轻而易举地摘下义齿。

（二）摘戴义齿时应注意的问题

1. 戴入时应顺着就位方向，经磨改早接触点后逐渐就位，直至殆支托、基托与牙齿殆面和粘膜密切接触为止，而不能施大力压义齿就位，以免压伤牙槽嵴粘膜及口腔软组织，或者将基牙损伤。

若为复杂义齿，缺失牙间隔多，应寻找就位方向，可由前向后，或由后向前戴入，或者先戴左侧，后戴右侧，探试就位方向。一般原则，先戴入基牙倒凹大的一端或一侧，然后再使基牙倒凹小的一侧就位。

2. 初戴义齿时，就位后由于卡环将基牙卡抱得较紧，虽可将义齿就位，但取出时较困难。也可能是由于义齿基托与基牙的近远中面接触过紧，产生的摩擦力大，则义齿不易取出，这时不必用力强行取出义齿，可用脱冠器的钩固定在义齿的卡环或基托边缘，顺戴入的相反方向施力，便可较容易地从口内取出义齿，取出义齿后调改，修整再戴入。

3. 摘戴义齿时，均不宜使用过猛的力，应在掌握戴入方向的情况下，顺势缓缓用力，则义齿可自然就位或取出，关键在施力的方向应合适。

4. 戴入义齿时，当义齿完全就位了，因卡环的弹性臂进入基牙的倒凹区，则可听见有响声，说明义齿全部戴入。但应特别注意绝不能将义齿放入口腔内，上下颌咬合使义齿就位，这样就位由于殆力大，不易控制，很易损坏义齿，并可损伤基牙及口腔软组织。

第二节　全口义齿的生物力学

一、全口义齿的固位力

可摘局部义齿的固位力主要来自基牙的卡环，而全口牙齿缺失后，口腔内一个牙齿也不存在，那

么全口义齿又从哪里获得固位力呢？全口义齿的固位十分重要，没有良好的固位，全口义齿戴在口腔内便不能咀嚼、讲话、表情、作上述动作时，义齿便松动或脱落。这不仅不会给患者带来欢乐，反而增加患者的心理负担。全口义齿的固位力有几方面。

（一）吸附力

吸附力包括内聚力和附着力。内聚力是同分子之间的凝聚力；附着力是异分子之间的吸引力。在全口义齿与牙槽嵴粘膜面之间有一层唾液，唾液又附着于义齿基托组织面和牙槽嵴的粘膜面上，因此，唾液内产生的内聚力可使全口义齿的基托与粘膜面紧密贴合。这是由于全口义齿的基托与口腔粘膜面之间产生的吸附力。当取出义齿时，可以听到一种声音，感觉到有一种拉力，阻碍取出义齿。如上颌全口义齿，由于基托大，吸附力好，有时不易取出义齿，这时，可以叫患者吹口气，或喝口水，将其边缘封闭破坏，便能取出义齿。这说明吸附力是相当大的。故全口义齿可利用吸附力获得固位。

Craig 等研究唾液的表面张力，测量其对全口义齿基托的固位关系。证实在一定条件下，唾液的表面张力大，则义齿可获得大的固位力。当唾液获厚度为 22μm 时，则甲基丙烯酸甲酯基托的固位力为 13.7kPa、平均 4.2kPa ± 0.2kPa。唾液膜愈薄，则义齿基托与口腔粘膜的吸附力愈大。

当义齿基托与口腔粘膜接触面积愈大时，唾液的附着面积也增大，附着力也增强。接触时间愈长，唾液的附着愈好，全口义齿的固位力也相应增大。但唾液的质和量对全口义齿的固位力有一定影响，一般认为含粘液腺多，唾液量中等，有较好的吸附力。如果唾液粘稠度低，粘液腺含量少，流动性大，则对义齿固位不利。如唾液量分泌过少，患者口腔干燥，也会降低义齿的固位。而且义齿施加于粘膜上的压力，应均匀分布，这样义齿行使咀嚼功能时，才可能对组织施出均匀压力，以增强义齿的吸附力。

义齿基托的组织面与粘膜面之间的吸附，可用滑动方法使二者分开，但因基托位于牙槽嵴上，牙槽嵴呈拱形，中间高拱两侧低，基托如马鞍式的位于牙槽嵴上，可阻止基托组织面与粘膜面之间产生的滑动。当下颌牙槽骨吸收，萎缩，变平坦或狭窄时，两面之间阻止滑动的能力消失或降低，义齿基托在粘膜面上易产生滑动。此时，可适当伸展舌侧翼缘区远端，可获得一定的滑动阻力，并增加吸附力，使义齿固位。

（二）大气压力

大气压力可使两物体紧密接触，周围空气不能进入，此时两物体向相反方向牵拉时产生负压，两物体难以分开，只有当拉力超过负压之后，两个物体始能分开。全口义齿的基托与牙槽嵴上各部分粘膜紧密贴合，基托边缘与周围的软组织保持严密接触，形成良好封闭，在大气压力的作用下，空气不能进入基托与粘膜之间，从而增强义齿的固位。

Watt 曾计算出义齿基托的支持面积，无牙上颌为 22.96cm^2，无牙下颌为 12.25cm^2，因此，上颌义齿基托承受的大气压力比下颌大。大气压力作用的大小与义齿基托面积的大小、基托与粘膜的密合度、以及义齿边缘的封闭情况成正变关系。即义齿基托愈大，基托与粘膜之间接触愈紧密，基托边缘封闭愈好，则大气压力对义齿的固位力愈大。

印模是全口义齿制作步骤中的第一环节，印模是义齿获得固位力的基础和关键。印模必须准确，边缘伸展适度，才能使全口义齿获得良好的功能。

（三）义齿基托边缘的封闭

全口义齿基托的边缘封闭，对义齿的固位和稳定有密切关系。边缘封闭与口腔粘膜相关，粘膜的部位不同，其性质和移动度也不同。牙槽嵴和硬腭上覆盖的粘膜，与骨膜相连，且粘膜下层较薄，故具有韧性，而不移动；唇颊侧和口底的粘膜是疏松的，其下有粘膜下层，活动度大，随唇、颊、舌的运动而移动。口腔粘膜从固定粘膜到可移动粘膜交界处，有 2～3mm 宽的区域，全口义齿的基托边缘可在该处伸展 2～3mm，以获得良好封闭，此区称为边缘封闭区，该区具有良好的封闭作用，可增强全口义齿的固位力。

（四）唇、颊肌与舌肌的拮抗作用

唇、颊肌和舌肌是两个作用相反的肌组，两肌组的作用使上下牙列维持着正常的牙列形态，发挥应有的生理功能。可利用两肌组的拮抗作用使全口义齿稳定在口内一定的位置。Clickmen 认为有天然牙列时，舌肌与唇、颊肌产生反作用力，以平衡使牙齿移位的咀嚼压力；口轮匝肌可以抵抗由下牙产生的唇向力和舌加在上前牙的力量。舌是能多方向活动的肌肉，能从牙弓内各方向施加压力，以平

衡唇、颊肌向舌侧的力量。

以上说明，天然牙列与人工牙列均可利用唇、颊肌和舌肌的拮抗作用，使牙列内外的力量达到平衡，而得以维持牙列的形态，并获得固位和稳定。在口腔修复临床上对于牙槽嵴严重萎缩、低平的患者，全口义齿固位差，嘱其用舌及唇管理义齿，还可获得一定固位效果。这印证了上述唇、颊肌与舌肌的拮抗作用。

二、全口义齿功能时的应力分布

全口义齿分为上颌全口义齿和下颌全口义齿。由于其解剖形态和条件的不同，功能时应力的分布也不同。

（一）上颌全口义齿功能时应力的分布

上颌全口义齿的功能时应力分布，学者已作研究。Waeda 等（1989）研究上颌全口义齿戴用后牙槽骨的吸收，以及吸收后义齿基托衬垫的影响，发现牙槽骨的吸收是由牙槽嵴顶和其唇侧开始的，并涉及腭部；着力点向唇侧移位时，吸收则增加，着力点在腭部时，则衬垫后不再发生吸收。张少锋等（1991）采用三维有限元法对上颌全口义齿支持组织的应力分布进行研究。指出上颌全口义齿在正中殆垂直向殆力的作用下，其各部分的位移均小（<0.07mm）。说明上颌骨组织具有一定的强度和刚度，且粘骨膜为粘弹性组织的缘故。上颌全口义齿所受的垂直向殆力，主要是以压应力方式传递至上颌骨的表面，最大压应力（700～1200kPa）集中在牙槽嵴上，特别是前牙区和双尖牙区的牙槽嵴上。这说明了戴用全口义齿后牙槽嵴发生持续性吸收的生物力学机制。黄琼等（1990）采用三维光弹应力分析法对上颌全口义齿戴用后的应力情况进行研究。在正中殆位和侧向殆位，全口义齿承受垂直向殆力时，牙槽嵴的应力最大值位于牙槽嵴顶两侧。

（二）下颌全口义齿功能时的应力分布

杨永丰、胡国瑜等（1992）采用三维有限元法对下颌全口义齿的受力情况进行分析。结果发现下颌骨下缘在垂直殆力的作用下，出现弯曲变形，其下缘向下最大位移为 0.044mm，颏部位移为 0.055mm。这种位移是极小的，不明显的。并提出全口义齿承受殆力时，最大压应力分布在后牙的牙槽嵴顶及其颊侧区，前牙区舌侧中线处应力值为 348kPa。当下颌全口义齿在殆力作用下，主要以压应力传递至牙槽嵴上时，前牙区舌侧受到明显的压应力，其唇侧主要受的是拉应力。

义齿的磨光面即全口义齿基托的外表面及人工牙面，其应力分布在前牙舌侧基托的中部和人工前牙较明显，应力值为 395kPa。前牙切缘的拉应力最大，应力值为 500kPa。后牙及前牙唇、舌侧基托边缘为压应力区。

义齿组织面的应力，后牙的牙槽嵴顶为压应力，舌侧基托边缘也为压应力，最大压应力集中在下前牙唇侧基托的中线处，应力值为 646kPa。

三、全口义齿咀嚼功能的恢复

全口义齿咀嚼功能的恢复情况，主要是通过咀嚼效率的测定和殆力的测定来判定的。

（一）全口义齿咀嚼效率测定

Dahlberg（1942）研究了各种不同食物对咀嚼效率的影响，认为选择试物的标准应为：适宜的硬度和小的粘度，试物碎块不粘连，咀嚼时不易吞咽，不溶于水及唾液。Kapur 认为采用筛分称重法时，以花生米、胡萝卜作试物较好。1981 年日本学者增田元三郎首先提出用吸光度法测定咀嚼效率。1988 年叶秀芬等用吸光度法研究戴用全口义齿后的咀嚼效率及颞肌、咬肌肌力的变化，结果指出：全口义齿的咀嚼功能随戴用时间的增长而逐渐提高；咀嚼肌的肌电积分均值也随戴用时间的增长而增加。戴用全口义齿半年后咀嚼效率为同龄有牙者的 63%，一年后为 81%。1992 年林映荷、胡国瑜等采用吸光度法对 90 例全口义齿患者的咀嚼效率进行测定分析。结果表明：戴用全口义齿者的咀嚼效率均低于正常有牙者，且两者之间有显著性差异；戴用全口义齿的咀嚼效率随戴用时间的增长而逐渐提高。戴用 1 周者咀嚼效率为 44.61%，1 个月者 48.33%，3 个月者 57.62%，6 个月者为 69.89%。上述结果相似。

全口义齿戴入口腔内逐渐适应，习惯，随着戴用时间的加长，患者掌握了使用方法，故咀嚼功能逐渐提高。

（二）全口义齿的殆力测定

1988 年王毓英用电测法测得 8 例全口义齿第一磨牙的殆力，左侧为 94.1±50N，其右侧为 132.7±20N。1989 年王雅北对 60 例戴用全口义齿

1年半以上的患者进行殆力测定。结果为男性戴用全口义齿殆力值显著大于女性；男性人工前牙为39～42N，第一磨牙和第二双尖牙最大为75～92N，女性平均为50N。男性全口义齿的最大殆力为正常者的1/5，女性为正常者的1/6。

四、全口义齿基托折断的力学分析

全口义齿基托常见折断，据统计，上颌全口义齿折断者多于下颌全口义齿。周敬行（1988）统计，534件全口义齿折断中，上颌全口义齿折断者为414件（77.53%），下颌全口义齿折断120件(22.47%)。在146件上颌全口义齿基托折断中，正中部位裂开者112件（76.7%）。其折断原因，有基托不贴合，咬合不平衡，人工牙排列于牙槽嵴顶颊侧等。随着生物力学的发展，从力学观点，采用先进手段研究全口义齿基托折断的原因和机制。

（一）上颌全口义齿基托折断的分析

上颌全口义齿的形状是类似弓形的圆拱状的壳体，义齿的形状结构复杂，其人工牙殆面受垂直向殆力作用时，实际上承受的是垂直力的分力。

Natthews（1956）用光弹分析法、电测法研究上颌全口义齿的应力分布，发现基托的前腭部拉应力最大。

Johnson等(1965)用实验应力研究上颌全口义齿的基托折裂情况。结果认为折线位于义齿的中线。周敬行等(1988)用三维有限元法分析全口义齿基托折裂原因，结果指出：全牙列加载时，拉应力位于前牙区、前腭部和基托的后堤区，基托中线及其两侧也为拉应力区；腭顶、磨牙区的腭侧为压应力。

李国珍（1992）采用电测法、光弹法研究上颌全口义齿基托纵裂的应力情况。结果指出：上颌全口义齿基托纵裂的原因：

1. 义齿基托唇系带的形状为尖形切迹，加上硬腭前部高应力区，易造成基托纵裂。切迹为圆形者，该处应力较小。

2. 全口义齿基托的中线区受交变应力的作用，产生材料疲劳现象。

3. 义齿制作不符合工艺要求，从而降低基托材料强度，使基托纵裂。义齿基托材料的拉伸强度为48～62MPa，压缩强度为76MPa。然而在882.6N静载荷下基托的最大应力约为1.7MPa，动载荷时为0.9MPa，完全可满足口腔日常功能的需要。但制作时破坏了材料的连续性，均匀性，如基托中含气泡，各处密度不一致，导致基托局部应力集中，降低了材料强度。

（二）下颌全口义齿基托折裂的分析

下颌骨形状类似马蹄形，下颌全口义齿为弓形壳体，义齿基托与口腔粘膜接触面积小。

1954年Regli等研究下颌全口义齿基托（塑料）及基托内加入各种材料的网状结构，考察其断裂情况，结果表明：塑料基托（不加网状结构）弯曲变形最大，易断裂；塑料基托内加入金属基托则变形小，不易折裂。

1992年胡国瑜用三维有限元对下颌全口义齿进行应力分析，结果认为下颌全口义齿为马蹄形，其近远中向的距离较长，唇、舌向，颊、舌向较窄，均为薄弱环节。在殆力的作用下，义齿组织面的前牙区牙槽嵴顶偏舌侧区，切牙的切缘区，以及后牙的颊侧翼缘区拉应力集中。由于下前牙区拉应力集中，故临床上常见下颌全口义齿前牙区基托折断。

（赵云凤）

第八章　牙颌面畸形矫治的生物力学

第一节　牙移动的生物力学

一、生物力学的研究方法

生物力学的研究方法包括实验应力分析和理论应力分析两种方法。实验分析方法包括：①电测法；②光测力学应力法（如光弹法、光弹贴片法、散光光弹法、全息光弹法）；③光测力学位移法（如全息干涉术、散斑法、云纹法、焦散线法）。理论应力分析方法包括能量法、有限差分法、边界积分法、有限元法等。

（一）电测法（亦称应变仪法）

电测法的原理是当电阻元件发生应变时，可以引起电阻阻值的变化，通过贴于被测物体的电阻应变片，将物体表面指定点的应变情况通过电信号输出。电测法的精度和敏感性都较高，可直接贴在被测物体上测试被测物体应力分析的实际情况。但是，电测法只能测量获得应变片所在位置的应变平均值，且只能测量被测物体表面应变，而不能获得物体内部的应变信息。如 Ichikawa 及 Hata 都是用应变仪在干燥人体头颅骨上测试、研究上颌前牵引在颅面复合体的生物力学效果。

（二）光弹法

光弹法的原理是当用偏振光观察某些具有特殊光学性质的透明材料时，这些材料会产生黑色或彩色条纹，这些条纹是由于材料内部应力形成不同速度的光波，导致偏振光变化的结果。光弹法的优点是能了解模型内部应力分布，适用于研究几何形状及加载条件复杂的物体。但是，因为光弹法需制作实验模型，所以存在模型的相似性问题，特别是三维光弹法由于必须作模型切片分析，所以每一个加载状况就必须使用一个完整的模型。如 Iton 使用光弹法研究上颌前牵引在颅面复合体的反应。

（三）全息干涉术

全息干涉术的原理是利用光的干涉将物体光波的位相和振幅信息记录在全息底片上，再利用光的衍射，再现物体光波，便获得与物体表面位移有关的定量关系。全息干涉术的优点为高灵敏度和精度，但它不能测得物体内部的状态变化。如 Dermaut 用全息干涉术研究了浸泡颅骨的上颌受口外后牵引力时，某些骨块及牙齿的位移。

（四）脆性漆层法（the brittle lacquer method）

其基本原理是用某类漆喷涂于试件表面，晾干，然后加载，结果在最大张应力处，漆层裂开形成裂隙，持续加载其他张应力大的部位相继出现裂纹。裂纹常与相应部位的最大张应力方向垂直。裂纹密度越大，则提示该处张应力越大。该法的优点是：简单易行，直观性强，结果可靠。其不足之处是：只能得到物体表面信息，对压应力无反应，结果量化差。

（五）有限元法

有限元法就是把本来连续的结构划分成有限个单元，以其结合体来代替原结构，并逐一研究每个单元的性质，以获得整个结构的性质。有限元法的解题思路是：从研究结构的各个单元的位移出发，通过寻求位移与应变、应变与应力、应力与内力、内力与外力的关系，建立一套线性方程组，从而由已知的外力找出结构内部的应力和位移状况。所有这些计算过程，均由计算机完成。目前，随着计算机技术的发展，有限元法不仅从二维结构分析扩展到三维结构分析，从静力分析到动力分析，从线性到非线性。著名的软件有 MSC/NASTRAN（由 The Macneal Schwendler Corporation 在 NASTRAN 的基础上发展起来的大型通用有限元结构分析系统）和 Super SAP 系列软件（美国加利福尼亚大学伯克利分校的 Bathe、Wilson 和 Peterson 等教授研究并发展起来的有限元程序软件）。有限元法的优点在于：①有限元法所分析的结构可以具有任意形态和边界条件。②有限元法能给出模型任何部位的应力和位移状况。③可反复使用同一模型进行各种

加载状况的计算，每次计算除了加载状况变化外，其他条件是绝对一致的。但是，因为有限元法是在计算机上建立模型进行分析，其模型的准确与否直接影响到结果的准确性，在建立模型的过程中，材料的几何形状和力学性质的理想化，不可避免地给结果带来误差，因此，有限元法的结果要与临床实践或实验分析相结合加以综合考虑，互相补充，相互映证。

二、牙移动的生物力学

在正畸治疗中，牙移动的过程通常可以分为两个阶段：生物力学阶段和生物学阶段。生物力学阶段指矫治器产生各种矫治力作用于牙齿，通过牙齿传递到牙周膜和牙槽骨，产生应力。生物学阶段指应力使牙周膜和牙槽骨发生组织学改建，产生牙移动。临床上，牙移动过程是十分复杂的，由于作用于牙齿的各种矫治力不同，牙移动的类型也各不一致。牙移动的类型通常分为倾斜移动、整体移动、控根移动、垂直移动和旋转移动，但从力学的观点来看，只有平动和转动两种基本方式，这两种基本移动方式取决于旋转中心和阻力中心的位置关系。

（一）牙移动的阻力中心和旋转中心

正畸治疗中，牙移动的类型通常分为倾斜移动、整体移动、控根移动、垂直移动和旋转移动，但从力学的观点来看，只有平动和转动两种基本方式，这两种基本移动方式取决于旋转中心和阻力中心的位置关系。

1. 基本概念

（1）力（force）：物体间的相互机械作用，其结果是使物体运动状态发生变化（外效应）或使物体产生变形（内效应）。

1）力是矢量：力矢量有三个基本要素，即力的大小，方向和作用点。

2）矢量相加：两个或多个矢量相加的平行四边形法则——作用于物体上同一点的两个力可以合成为一个合力，该合力也作用于该点，合力的大小和方向可以用两分力为邻边所组成的平行四边形的对角线表示。

3）矢量分解：矢量能被沿着参考轴分解。

（2）力矩（moment）：物体的转动作用是由力的大小和力到转动中心的垂直距离的乘积来决定，该乘积取正负号以区别转动的方向，一般以逆时针方向为正，反之为负，这就是力对点之矩，简称力矩。

（3）力偶（couple）：指大小相等，方向相反、且不在同一直线上的两个平行力所组成的力系。力偶矩等于其中一个力乘力偶臂（力偶臂为两力间的垂直距离）。

1）力偶无合力，即不能用一个力代替，它是一个再不能合成的特殊力系；

2）可以根据各种目的改变力和力偶臂的大小，只要保持力偶矩的值不变，而对物体作用的效应也不变；

3）力偶对物体的作用与矩心无关，不管力偶作用于物体上何处，其结果都是使物体绕阻力中心单纯旋转。

（4）阻力中心（center of resistance）：指物体运动约束阻力的简化中心。在自由空间中，物体的阻力中心即是其质心，在重力场中，物体的阻力中心即是其重心，受约束的物体（如牙槽骨中的牙）其阻力中心决定于周围环境的约束状态。牙的阻力中心是牙及其周围支持组织所固有的，不受外力的影响。牙槽骨高度正常的单根牙的阻力中心在牙长轴上，约位于牙根颈1/3与中1/3交界处，多根牙的阻力中心约位于根分叉下1～2mm处（图12-8-1）。

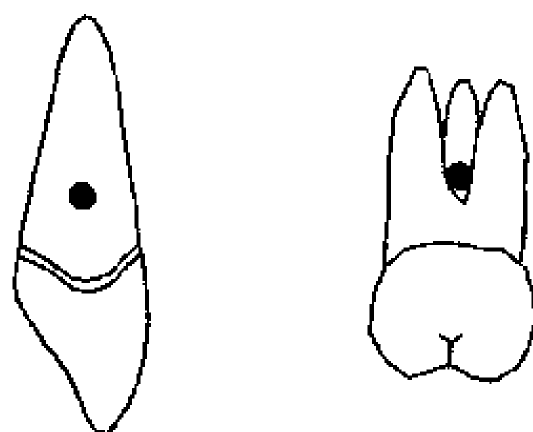


图12-8-1 阻力中心

（5）旋转中心（center of rotation）：物体在外力作用下转动时所围绕的点。旋转中心随外力及力矩的变化而变化，它与阻力中心是两个完全不同的概念（图12-8-2）。

（6）静力平衡：

1）牛顿的三个定律：

①惯性定律（the law of inertia）

②万有引力定律（the law of acceleration）

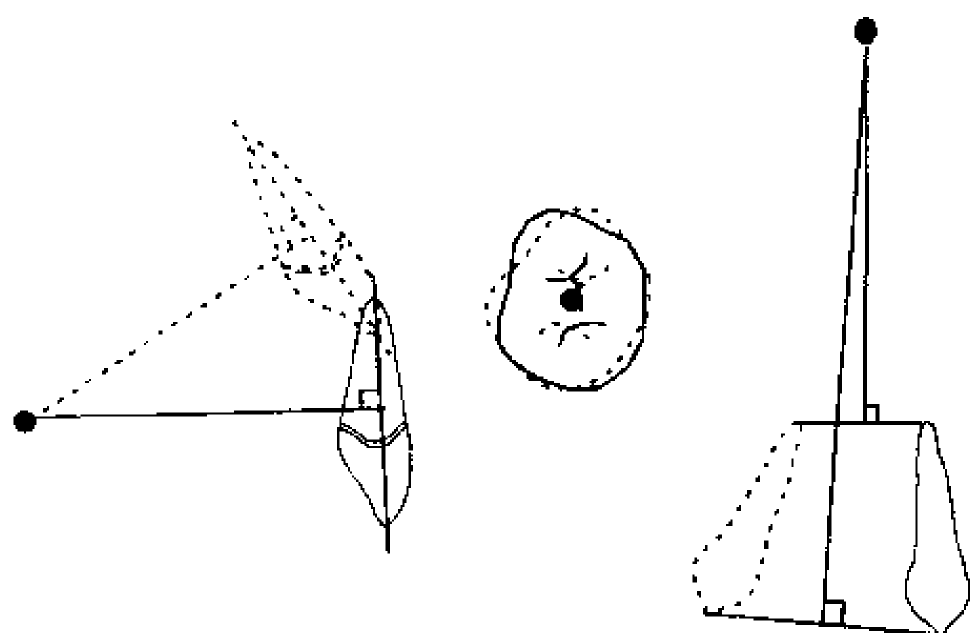


图 12-8-2　旋转中心

③作用力和反作用力定律（the law of action and reaction）

2）静力平衡公式：

∑水平向力＝0

∑垂直向力＝0

∑横向力＝0

∑水平向力矩＝0

∑垂直向力矩＝0

∑横向力矩＝0

2. 正畸治疗中牙移动的类型

（1）倾斜移动（tipping movement）：指牙冠与牙根作相反方向的移动，这是一种最常见的移动类型（图 12-8-3）。

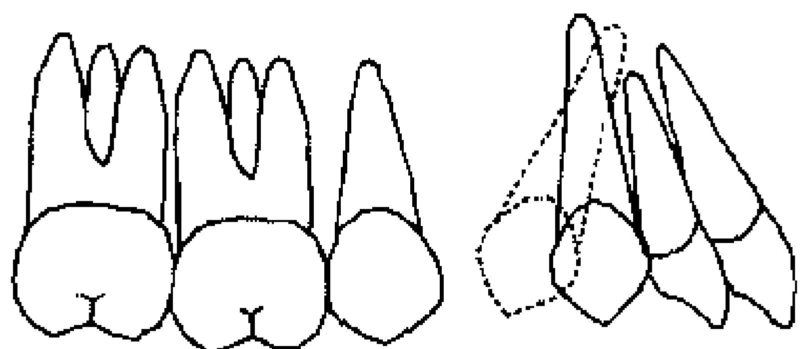


图 12-8-3　倾斜移动

（2）整体移动（bodily movement）：指牙冠与牙根作相同方向的等距离移动（图 12-8-4）。

（3）控根移动（controlling root movement）：保持牙冠基本不动，只让牙根移动。根据牙根移动的方向不同又分为：①转矩（torque）：唇（颊）舌向控根移动（图 12-8-5）；②竖直（upright）：近远中向控根移动（图 12-8-6）。

（4）垂直移动（vertical movement）：是整体移动的另一种形式，只是其移动的方向是上下垂直的。按其上下的方向不同又分为：①伸出移动（extrusion movement）：向𬌗方垂直移动（图 12-8-7）；②压入移动（intrusion movement）：向根方垂直移动（图 12-8-8）。

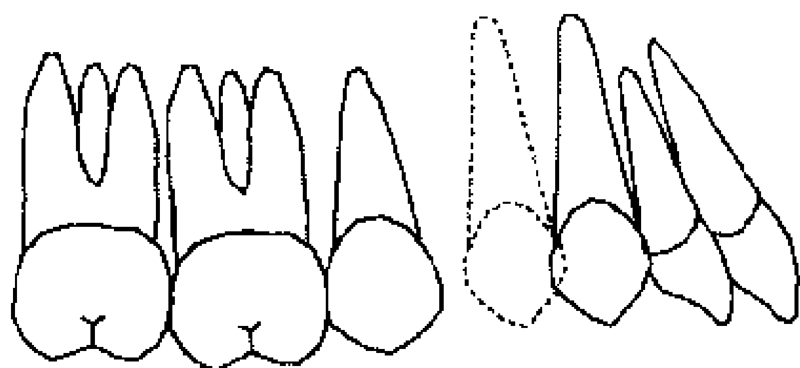


图 12-8-4　整体移动

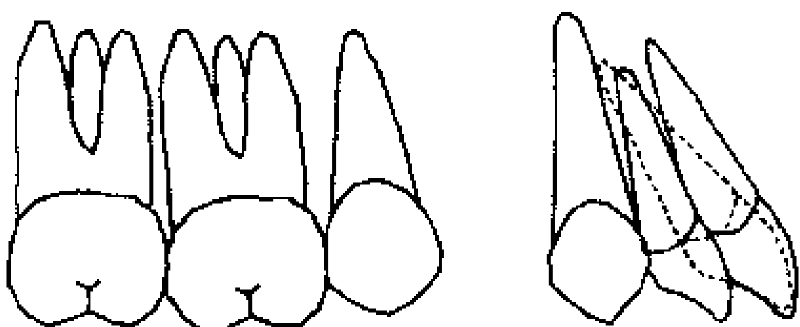


图 12-8-5　转矩

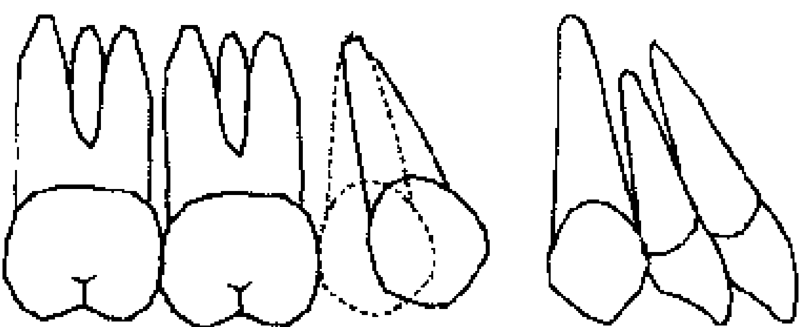


图 12-8-6　竖直

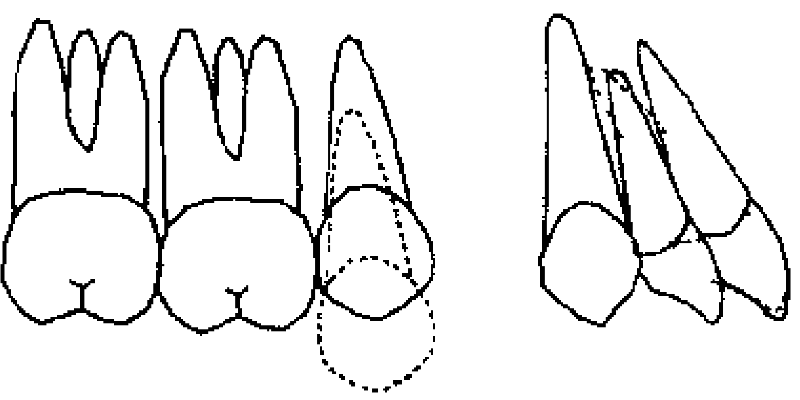


图 12-8-7　伸出移动

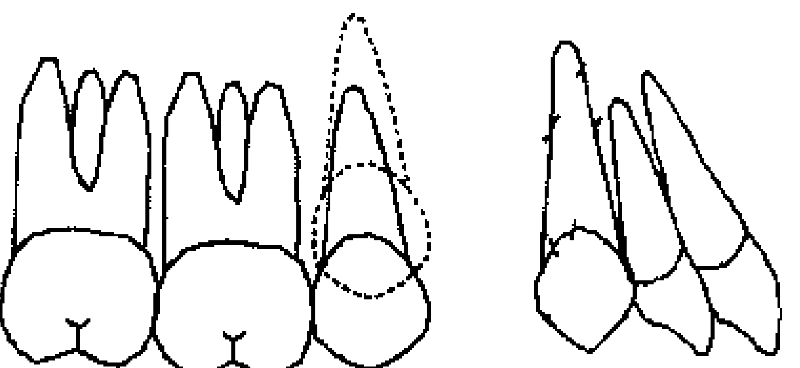


图 12-8-8　压入移动

（5）旋转移动（rotation movement）：牙体绕

牙长轴的转动（图 12-8-9）。

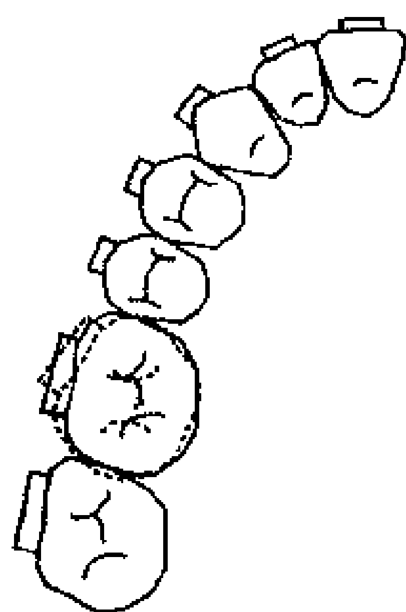


图 12-8-9 旋转移动

实际上，牙的移动往往不是是单--类型；而是以上几种类型组合而成的复合类型。在正畸临床上，牙移动的类型虽然很复杂，但从力学观点来看只有两种最基本的方式。

3．牙移动的两种最基本方式　牙移动的最基本方式只有两种：平动（translation）和转动（rotation）（图 12-8-10），这两种方式取决于旋转中心和阻力中心的位置关系。

（1）平动：当一外力力线通过牙的阻力中心时，牙产生平动，此时旋转中心距阻力中心无穷远。

（2）转动：当一力偶在以阻力中心为圆心在对应的等距离处反向作用于牙齿时，牙产生转动，此时旋转中心在阻力中心处。

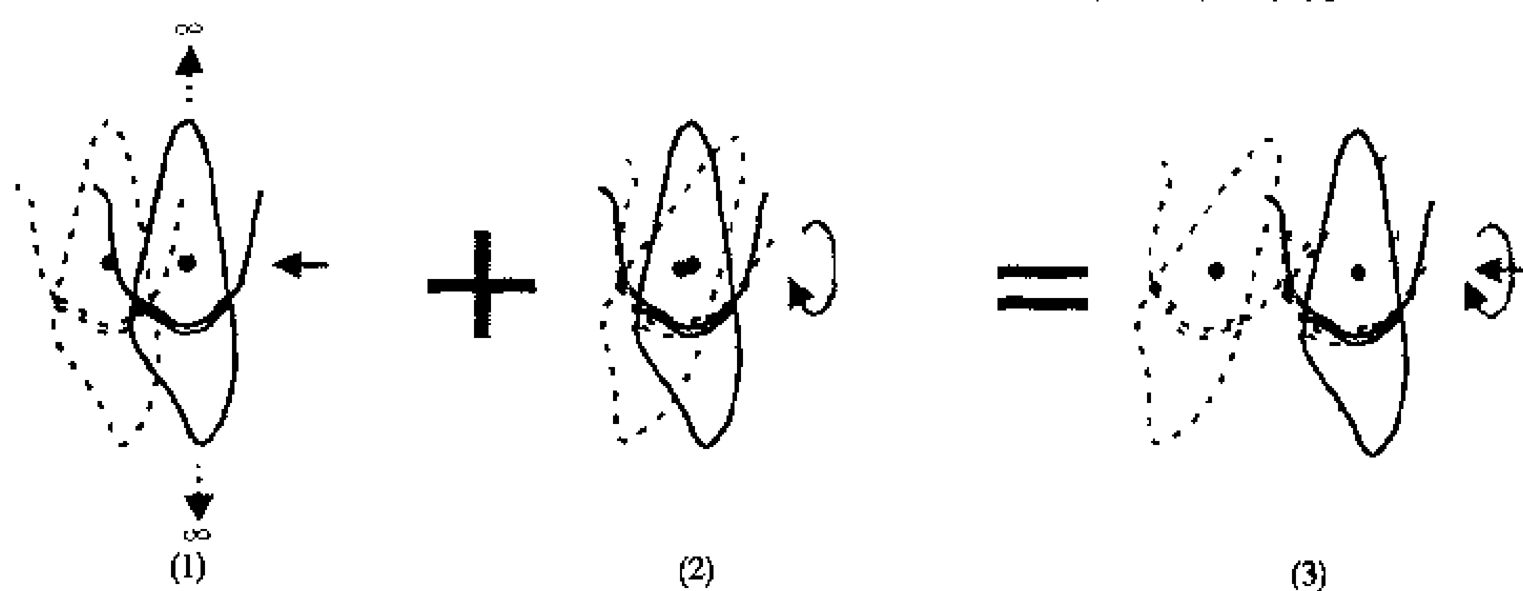


图 12-8-10 牙移动的两种最基本方式
（1）平动；（2）转动；（3）控制性倾斜移动

临床上，任何类型的牙移动都可以由单纯的平动和单纯的转动组合而成，即：单纯的平动＋单纯的转动＝复合类型牙移动，因为单纯的平动由经过牙阻力中心的力（F）产生，单纯的转动由单纯的力偶矩（M）产生，所以，经过牙阻力中心的力＋单纯的力偶矩＝复合类型牙移动，可见 F 和 M 的变化要影响牙移动的类型。例如，移动尖牙向远中时，由于尖牙的阻力中心在尖牙根的龈 1/3 与中 1/3 交界处，在牙冠上加力只能产生倾斜移动，如果要使其产生平动，则必需在牙冠上再加一反向力偶矩，方丝弓锁槽的槽沟壁就可产生反向力偶，使尖牙向远中平动。

4．力偶矩/力（M/F）比率和牙移动的控制

（1）一个经过牙阻力中心的力加上一个顺时针向或逆时针向的力偶的情况（图 12-8-11）。

1）力偶为顺时针向时：

①当 M/F＝0 时，旋转中心在无穷远处，牙齿平动。

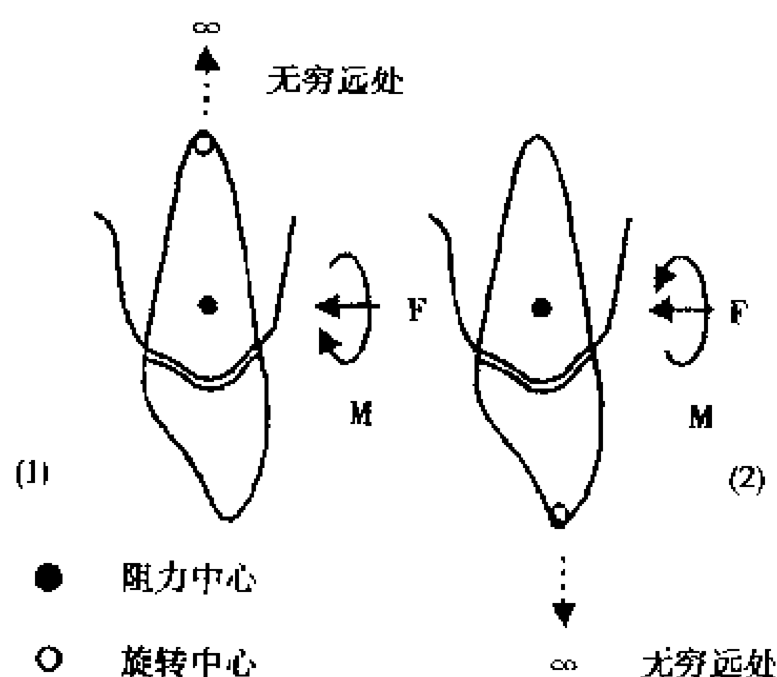


图 12-8-11 一个经过牙阻力中心的力加上一单纯力偶的情况
（1）力偶为顺时针向；（2）力偶为逆时针向

②当 M/F 逐渐增大时，旋转中心从无穷远处向根尖移动，牙齿开始顺时针向倾斜移动。

③当 M/F 逐渐增大时，旋转中心到达根尖，再从根尖移向阻力中心。

④当 M 相对于 F 无穷大时，旋转中心到达阻力中心，牙齿以阻力中心为圆心顺时针向转动。

2）力偶为逆时针向时：

①当 M/F＝0 时，旋转中心在无穷远处，牙齿平动；

②当 M/F 逐渐增大时，旋转中心从无穷远处向切缘移动，牙齿开始逆时针向倾斜移动。

③当 M/F 继续增大时，旋转中心到达切缘，再从切缘移向阻力中心。

④当 M/F 为无穷大时，旋转中心到达阻力中心，牙齿以阻力中心为圆心逆时针向转动。

综上所述，使用一个经过阻力中心的力和一个单纯的力偶矩，通过改变二者的比率关系，可以控制牙的移动。但是，临床上因为解剖结构的限制，不可能将力直接施于阻力中心，而是将力施于牙冠（锁槽）上。

（2）一个作用于牙冠（锁槽）上的力加上一个逆时针向力偶矩的情况：施加一个力和反向力偶作用于牙冠（锁槽）上，力和力偶方向如图 12-8-12 所示，锁槽到牙阻力中心的距离为 10mm，随着 M/F 比率的变化，旋转中心位置的变化也是有规律的。

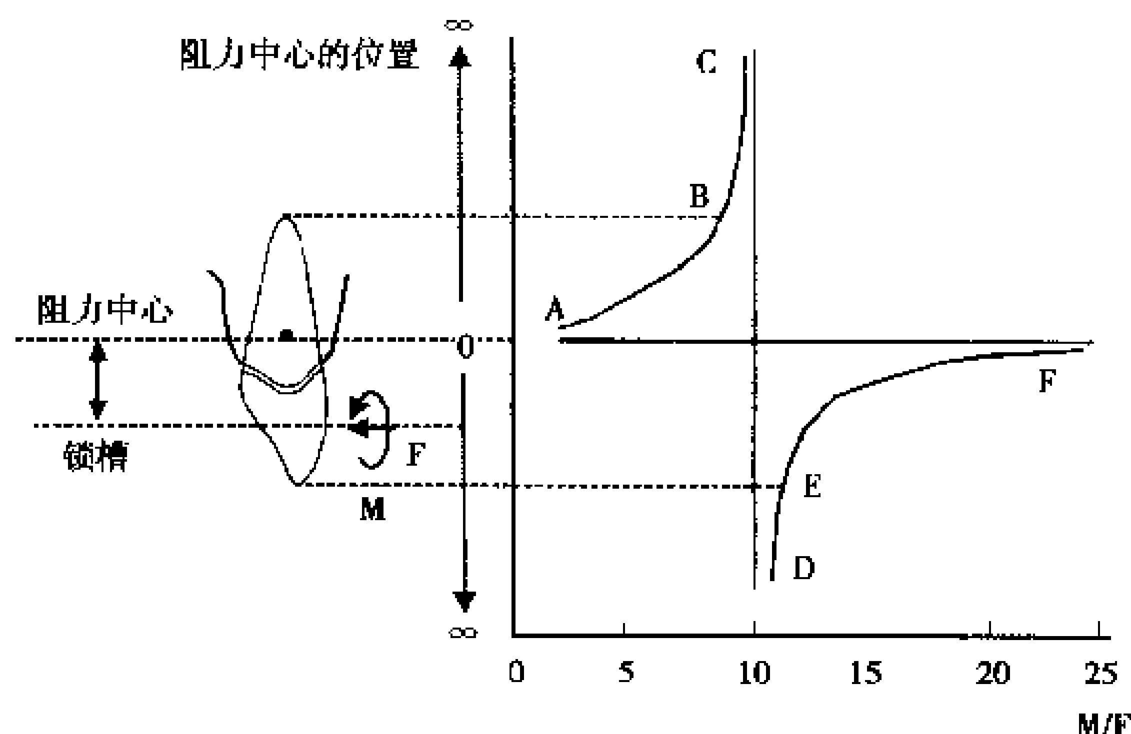


图 12-8-12 一个作用于牙冠（锁槽）上的力加上力偶的情况

①当 M/F＝0 时，旋转中心在阻力中心和根尖之间，靠近阻力中心（图中 A 位置）。

②当 M/F 增大时，旋转中心移到根尖（图中 B 位置）。

③当 M/F＝10/1 时，旋转中心移到根尖方的无穷远处（图中 C 位置），牙齿平动。

④当 M/F 超过 10/1 时，旋转既改变方向，旋转中心从切缘方的无穷远处（图中 D 位置）移向切缘。

⑤当 M/F 继续增大，约为 12 或 13/1 时，旋转中心移到切缘（图中 E 位置）。

⑥当 M/F 逼近无穷大时，旋转中心逼近阻力中心（图中 F 位置），牙齿接近于单纯转动。

许多学者采用光弹法、激光全息干涉法等实验应力分析法，也有学者采用三维有限元分析等理论应力分析法来研究 M/F 比率和旋转中心的位置的关系，结果发现 M/F 比率决定了牙移动的类型，其较小的变化都能引起牙移动类型较大的改变。如前所述，当 M/F 比率为 8/1 时，旋转中心在根尖，牙齿为倾斜移动，当 M/F 比率为 12/1 时，旋转中心在切缘，牙齿为控根移动，当 M/F 比率为 10/1 时，旋转中心在无穷远处，牙齿为整体移动。可见，通过调整 M/F 比率，可控制牙移动的类型。

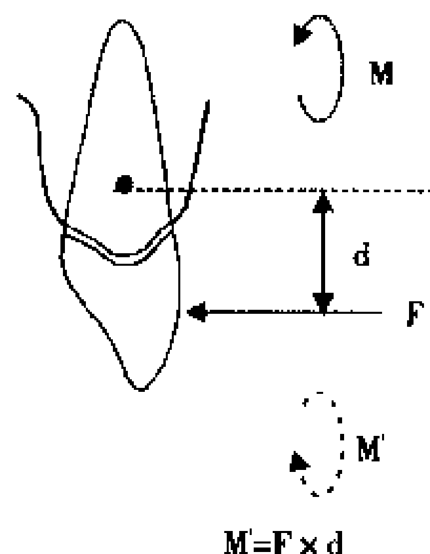


图 12-8-13 牙移动控制原理示意图

（3）牙移动的控制原理：

1）根据前面讨论的 M/F 比率和旋转中心位置

的关系，可以将牙移动的控制原理总结为：M/F 比率决定了旋转中心的位置，从而控制牙移动的类型，通过调整 M/F 比率，可以获得我们所需要的牙移动类型。

如图 12-8-13 所示，F 为一个作用于牙冠（锁槽）上的舌向力；M 为作用于牙冠上的力偶矩，根据力偶的性质，该力偶作用于牙冠与作用于牙阻力中心效果不变；d 为锁槽到阻力中心的距离，M′为 F 所产生的力矩，M′=F·d。牙移动的控制原理如表 12-8-1 所示。

2）旋转中心的位置依赖于 M/F 比率，而不单独依赖于 M 或 F。

3）虽然 M/F 比率决定了旋转中心的位置，但这是在阻力中心位置一定的情况下，如果周围约束环境变化而导致阻力中心位置改变，即使 M/F 比率一样，旋转中心的位置也不同。

表 12-8-1 牙移动的控制原理

					旋转中心位置	牙移动类型
M/F	M=0	F=0			无	不动
		F≠0			在阻力中心到根尖之间	倾斜移动（非控制性）
	M≠0	F=0			在阻力中心	单纯转动
		F≠0	M与M′同向		在阻力中心到根方无穷远之间	倾斜移动（冠倾＞根倾）
			M与M′反向	M=M′（M/F=d）	在无穷远处	单纯平动
				M＞M′（M/F＞d）	在阻力中心到冠方无穷远之间	倾斜移动（根倾＞冠倾）
				M＜M′（M/F＜d）	在阻力中心到根方无穷远之间	倾斜移动（冠倾＞根倾）

5. 阻力中心的性质和位置 阻力中心是正畸学领域争论较多的一个问题。一般认为阻力中心的性质为：当外力力线穿过牙体阻力中心时，牙体将发生平动；当外力力线不穿过牙体阻力中心时，牙体将发生有平动和转动的复合运动。因此，牙体阻力中心位置与外力力线的关系，直接影响牙体受力后的移动趋势。所以，阻力中心的定义、性质和位置是正畸治疗中的关键问题之一。

50 年代，人们曾经认为牙体的旋转中心直接影响的牙体受力后的移动趋势，因为牙体的倾斜移动总是绕旋转中心转动产生的，如 Muhlemann（1951—1960）研究牙移动的系列文章大多在测量研究牙体的倾斜移动，认为牙体绕旋转中心转动，旋转中心的位置是决定牙体运动趋势的关键，但对旋转中心的根本性质讨论很少。60～70 年代的研究文献逐渐发现，旋转中心并非固定不变，且很难直观地找出旋转中心与所施作用力的关系，如 Burstone（1969）指出，牙移动与所施加的力呈对数函数关系，旋转中心决定于作用在牙体上的力矩/力比率，而不单独决定于力的大小。80～90 年代的研究文献逐渐发现阻力中心才是决定牙体运动趋势的关键，阻力中心与转动中心是两个不同的概念，并对阻力中心的性质和定义进行了探讨。根据物理学原理我们知道，在二维平面内的任意一个封闭的几何图形，总有其一定的形心，当外力力线通过此形心作用时，该图形将沿此外力作用方向平移，该几何图形的阻力中心即为其形心；如果物体为质量空间中的自由体，当外力力线通过该自由体的质心作用时，也可使该自由体沿外力方向平移，该自由体的阻力中心即为其质心；如果自由体位于重力场内，其阻力中即为其重心，此时该物体受到的约束力只有重力；牙体位于牙槽窝中，受到牙周膜和牙槽骨等牙周支持组织的约束，牙体的阻力中心即为牙周支持组织约束力的简化中心。当然，牙体本身也受到重力的约束，但牙体的重量与牙周膜强大的约束力相比，几乎可以忽略。因此，牙体阻力中心与牙根形态和长度，与牙根表面牙周膜的分布有关，如果牙周支持组织的解剖形态不变，那么，牙体的阻力中心也是一定的。

尽管多数学者都认为牙体存在阻力中心，但对阻力中心的位置却存在争论。Burstone（1965）将单根牙的牙根形态抽象为抛物线形（二维），认为：牙根的抵抗（阻力）中心，或其几何形心，位于从牙嵴顶至根尖全长的 40% 处。Davidian（1971）运用静态平衡力系的基本原理，建立了一个二维计算模型，计算出牙体的阻力中心位于从根尖到牙槽嵴顶的 56%～61% 处。Burstone（1980）在二维模型的基础上，建立了三维模型，牙根为旋转抛物体形

(铝制、放大10倍的中切牙)，将该模型置入由硅橡胶作为牙周模，人造石代替牙槽骨的模拟牙槽窝内，用激光全息干涉法测定，发现阻力中心的位置与三维模型的质心（长轴线上的颈1/3处）基本一致。而与二维模型的质心（长轴线上的根2/5处）相差较大。Dermaut（1986）用散斑干涉法研究了一具尸体骨的上颌第一磨牙，以人工材料（Araldif 208）模拟牙周膜，实验结果为：该第一磨牙的阻力中心约位于根分叉稍近船方处。Burstone（1988）用三维有限元模型计算了上中切牙的阻力中心，模型有两个改进：①牙根形态采用真实形态而非旋转抛物体；②牙周膜按Coolidge的测量值，厚度不均一，结果表明，上颌中切牙的阻力中心位于牙槽嵴顶至根尖的龈方24%处。而在早期用二维模型的研究中，阻力中心的位置分别为40%（即长轴线上的根2/5处）及52%（即从根尖到牙槽嵴顶的56%～61%），在用三维模型的研究中，阻力中心位于33%（即长轴线上的颈1/3处），随着模型相似性的改善，其阻力中心更向船方靠近。刘福祥（1989）采用激光全息干涉法研究了尸体颅骨上单根牙的阻力中心，也认为上颌单根牙的阻力中心位于牙根的颈1/3处。

（二）矫治力与牙移动

正畸治疗中，力的传递过程为：矫治力作用于牙齿，牙齿将力传递到牙周膜，牙周膜将力分布于牙槽骨，牙槽骨发生组织改建，产生牙移动，牙移动的速度与矫治力的种类和大小密切相关。

1. 矫治力的种类

（1）以矫治力的强度分类：Schwarz根据组织对外力的反应情况，将矫治力分为四级：

第一级　力量过小或时间过短，不能引起牙周组织的明显反应。

第二级　温和而持久的矫治力，其强度不超过毛细血管压力（即20～26g/cm^2），这种强度的力量，既能完成牙齿的移位，又不伤害组织。

第三级　力的强度大于毛细血管压力，软组织的血液循环因受压迫而停滞，软硬组织都要受到损害，甚至发生坏死。坏死的部分不能进行正常生理性破骨与成骨活动，而需要通过潜行性的骨吸收方式使死骨被吸收后，牙齿才能移动。由此可知，力量过强，牙齿的移动反而减慢，并且还有引起牙根吸收的可能。

第四级　力量的强度很大，可压毁牙周膜，使牙根与牙槽骨直接接触。牙髓的血液循环可能因压迫断绝，导致牙周膜坏死，牙根吸收，牙根与牙槽骨发生固着粘连，牙齿反而不能移动。

（2）以矫治力的大小分类：

1）轻度力量（light force）：如常用的乳胶橡皮圈，其力值约在60g以下。用以移动牙齿。

2）中度力量（medium force）：如各种弓丝簧曲，其力值约为60～350g。用以移动牙齿。

3）重度力量（heavy force）：如头颈部为支抗的口外牵引力，其力值为350g以上。用作矫形力，引导面颌正常生长。

（3）以矫治力的作用时间分类：

1）持续性力（constant force）：可持续作用于牙齿的矫治力，这种矫治力可经历几个星期甚至几个月，直至牙齿被移动，弓丝回复到原来位置弹力消失为止。

2）间歇性力（intermittent force）：矫治器加力后在较短的时间内力消失或衰减，需要再次加力，如大部分活动矫治器上的弹簧产生的矫治力。

3）间断力（disconnected force）：间断时间加力，如口外力最好每天施用12～14小时。

2. 矫治力大小和牙移动速度的关系

典型的牙移动过程按其移动的速度可以分为三个阶段：

初始阶段（initial phase）、迟缓阶段（lag phase）和迟缓后阶段（post-lag phase）。初始阶段代表牙齿在牙周空间的物理性位移。在初始阶段，轻力和重力所产生的效果是一样的，尽管轻力需花几天才能完成这一位移，而较重的力几秒就能完成，但其绝对位移量没有很大差别，和力的大小相比，牙周空间宽度是决定初始阶段牙齿绝对位移量的更为重要的因素。迟缓阶段有两种解释：一种认为它代表了厚而硬的皮质骨骨板的吸收过程，另一种认为它代表了牙周膜产生透明样变，牙槽骨进行潜行性吸收的过程。在迟缓阶段，轻力和重力所产生的效果完全不同。轻力所产生的主要是直接吸收（少量潜行性吸收），牙齿随破骨/成骨的改建过程而移动；重力所产生的主要是间接吸收（潜行性吸收），要待潜行性吸收完成后牙齿才能移动。轻力的迟缓阶段较短，牙齿有一定移动；重力的迟缓阶段较长，牙齿基本不动。迟缓后阶段牙移动速度逐

渐或突然增加，这一阶段代表了皮质骨骨板吸收后或潜行性吸收完成后的牙移动．在迟缓后阶段，轻力所产生的牙移动速度逐渐增加；重力所产生的牙移动速度是突然增加的（因潜行性吸收完成）。

牙移动过程的三个阶段轻力和重力所产生的效果比较如表 12-8-2 所示。

表 12-8-2 轻力和重力所产生的效果比较

<table>
<tr><th>阶段＼效果</th><th>轻 力</th><th>重 力</th></tr>
<tr><td>初始阶段</td><td colspan="2">①牙周膜液体的不可压缩性，牙槽骨弯曲，产生压电信号
②牙周膜液体被压出，牙齿在牙周空间产生物理性位移</td></tr>
<tr><td>迟缓阶段</td><td>③压力侧牙周膜部分血管被压缩，张力侧血管扩张
④血流改变、氧张量开始变化
⑤新陈代谢发生变化
⑥cAMP 水平增加，牙周膜中细胞开始分化</td><td>③压力侧牙周膜部分血管压闭
④压力侧牙周血流被切断
⑤压力侧细胞死亡（透明样变）
⑥透明样变周缘压力侧骨髓腔膜细胞开始分化，潜行性吸收开始</td></tr>
<tr><td>迟缓后阶段</td><td>⑦随着牙槽窝的破骨/成骨改建过程，牙齿开始移动</td><td>⑦潜行性吸收完成后，牙齿才开始移动</td></tr>
</table>

综上所示，力的大小和牙移动速度的关系为：当力值较低时，随着力的增加牙移动速度也增加；当力值较高时，随着力的增加牙移动速度不一定增加．因为过大的力可引起牙周膜透明样变，导致迟缓阶段的延长，当潜行性吸性完成后，牙齿才能快速进入新产生的空间。较轻的力使牙齿逐渐移动，然而，较重的力在快速移动牙后有一明显的迟缓期．实际上，较重的力牙移动的平均速度小于温和而持久的最适力。可见，由于组织变化的复杂性和影响因素的多样性，故力的大小和牙移动速度的关系不能假设为任何简单的线性关系。

3．牙移动类型和牙移动速度的关系　作用于牙冠上的力和力矩可以产生任何类型的牙移动，即使不改变力，通过改变力矩，牙周膜的应力分布也会发生改变。当旋转中心在无穷远处时，牙齿作整体移动，由于牙周膜的厚度不同，应力在牙周膜上的分布也不完全一致，如果力矩的改变使旋转中心从无穷远移向根尖时，牙齿倾斜移动，此时应力分布有明显的变化，最大的应力在牙槽嵴；如果力矩的改变使旋转中心移向切缘，其应力分布也有明显的变化，此时最大应力区在根尖。牙周膜中应力分布是组织改建的始动因素，它决定细胞反应的类型和程度，从而决定了牙移动的速度，所以，对矫治力和牙移动速度关系的讨论，一定要限定牙移动的类型，即限定什么样的力系统，包括作用在牙齿上的所有力和力矩。

（三）最适力和应力

认识到了 M/F 比率决定牙移动旋转中心的重要性后，应该用多大的力和力矩才能达最佳的反应，多大的力是牙移动的最适力。

1．临床观察　临床上判断矫治力和应力强度是否适当有以下几个特征：

（1）矫治力作用的牙齿，无明显的自觉疼痛。

（2）叩诊矫治力作用的牙齿，无明显疼痛反应。

（3）矫治力作用的牙齿，无明显松动。

（4）错位牙位置改变明显，而支抗牙位置不改变或改变不明显。

（5）X 线片显示矫治牙的根部及牙周组织无病理变化。

2．组织学观察　从组织学上看，最适力和应力应为：

（1）牙周膜受压力侧血管被压缩但未完全压闭。

（2）产生最大的细胞反应（破骨/成骨）。

（3）组织始终保持其活性而未坏死

（4）牙槽骨产生直接吸收而间接吸收少。

综上所述，要确定不同情况下的最适力和应力，应结合生物力学、组织学和临床进行更深入的研究。

（四）支抗及其控制

根据作用力和反作用力定律，矫治器产生矫治力时必然产生反作用力，正畸治疗中，常需要对抗矫治力引起的反作用力，这就涉及到支抗及其控制的问题。

1．支抗的概念

支抗（anchorage）：所谓支抗，就是支持矫治力，抵抗矫治力的反作用力。

2．支抗的种类

（1）颌内支抗（intramaxillary anchorage）：在同一牙弓中，用部分牙齿作支持，以移动另一部分牙齿。

（2）颌间支抗（intermaxillary anchorage）：用一颌的牙弓和颌骨作支持，以矫治对颌的牙、牙弓和颌骨。

（3）颌外支抗（extraoral anchorage）：用头的顶枕颈部作支持，以矫治牙、牙弓和颌骨。

由此可见，为了移动一部分牙、牙弓和颌骨，常用另一部分牙、牙弓和颌骨，甚至用头的顶枕颈部作支抗，用作支抗的部位即为抗基（anchorage base）。

3．支抗的临床应用

（1）交互支抗（reciprocal anchorage）：用支持力相等的牙齿作交互支持，以达到相互移动的效果，此时支抗力同时也是矫治力（图 12-8-14）。

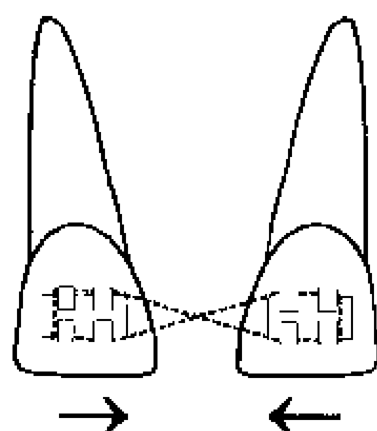


图 12-8-14　交互支抗

（2）差动力支抗（differential forces anchorage）：同样大小的力作用于两个或两组不同的牙齿，根据其产生的组织反应不同，使需要移动的牙得以移动，不需移动的牙很少移动甚至不动。这是一种生物力学支抗，其机制在于不同的牙其牙周膜面积不同，使其移动的力值也不同（图 12-8-15）。

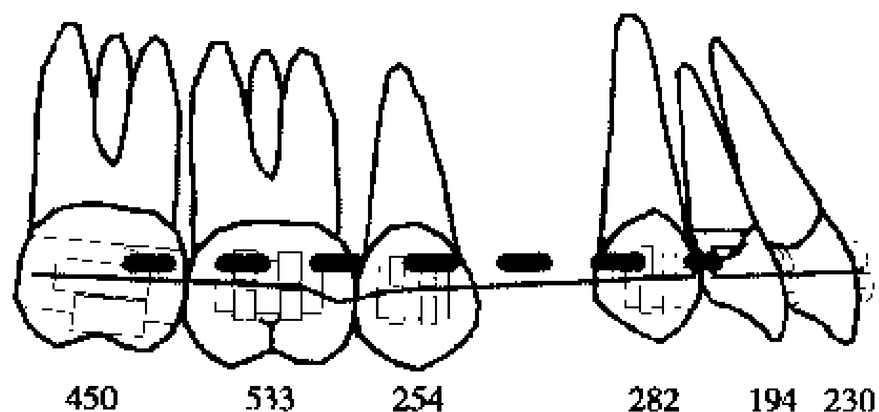


图 12-8-15　差动力支抗
（from Freemam D C，1965）

（3）增强支抗（reinforced anchorage）：增加支抗单元的数目和面积（头、颈、口腔内组织等）能有效地增强支抗，因为更多的支抗牙或口外结构，分散了矫治力的反作用力（图 12-8-16）。

（4）稳定支抗（stationary anchorage）：在牙周膜面积相等的情况下，整体移动所需的矫治力大于倾斜移动，因此，可以用一组牙的整体移动来对抗另一组牙的倾斜移动，使整体移动的一组牙不动或移动很少，只让倾斜移动的一组牙移动（图 12-8-17）。

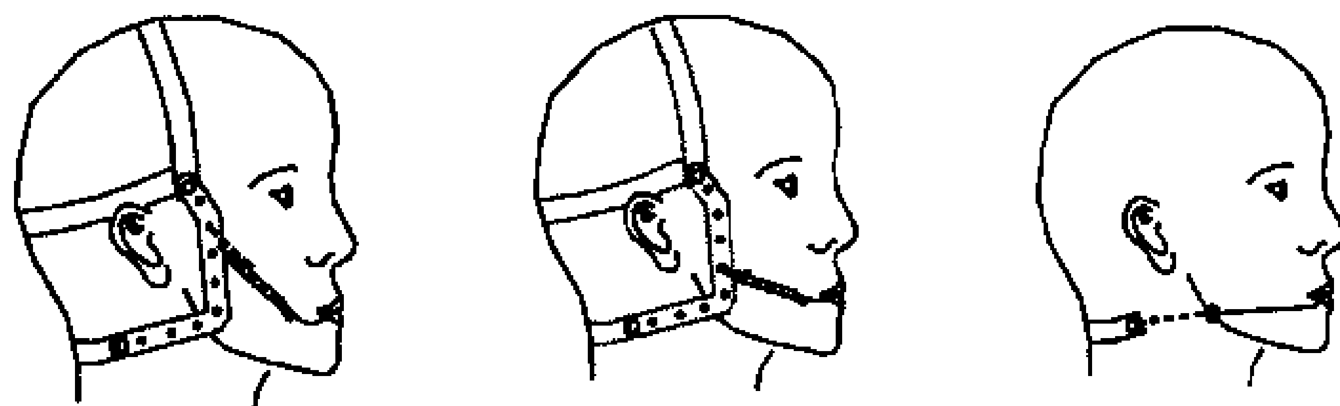


图 12-8-16　增强支抗

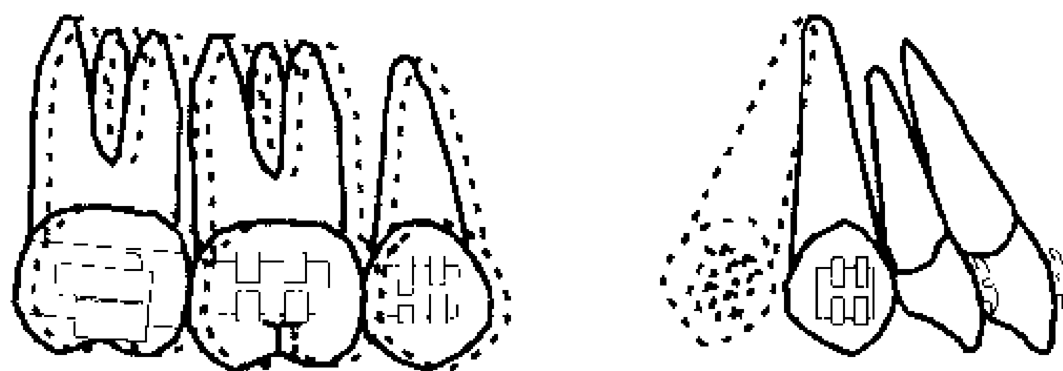


图 12-8-17　稳定支抗

（5）皮质骨支抗（cortical anchorage）：因皮质骨比松质骨致密、血供少、改建慢，更能抵抗吸收，所以当牙根接触皮质骨时牙移动减慢。因此，一些学者提倡使支抗牙的牙根向皮质骨板靠近以抑制其移动。

（6）药物支抗（medical anchorage）：利用全身

给药减缓牙移动的同时，用药物局部注射以促进计划中的局部牙移动。用药物控制牙移动的方法尽管目前仍处于动物实验中，但作为一种新的支抗手段正越来越受到临床医师的关注。

第二节 矫形治疗的生物力学

一、骨的生物力学

（一）地心引力对正常骨生理有重大影响

在空间飞行时，大鼠下颌髁突的生长由于缺乏重力的功能刺激可以明显地被抑制。

（二）机械力对下颌骨健康是必需的

Martin 和 Burr 提出：小于 200μ ε 的力产生废用性萎缩，骨的形成减少，吸收增加。200～2500μ ε 的生理力使骨的状态稳定。大于 2500μ ε 的力导致骨的形成增加，吸收减少。大于 4000μ ε 的力使骨结构产生破坏（病理性过度超载）。因此，正常功能有利于保持骨量。当变形（应变）超过正常生理范围，产生骨代偿。殆干扰或异常功能可产生牙周骨支持组织的损伤。

（三）功能负荷决定了骨的解剖结构

上颌骨主要受压力，没有大的肌肉附着，并且传递负荷到颅骨，所以上颌骨主要由薄的皮质骨和小梁骨组成；下颌骨主要是处于受肌肉牵拉和咀嚼功能而引起的扭转的弯曲变形，厚的皮质骨是其必需的。

二、矫形治疗的生物力学

（一）上颌复合体的矫形治疗

在Ⅱ类错殆的形成机制中，至少有 1/4 是由于上颌发育不足所致；同样，在Ⅱ类错殆的形成机制中，也有相当一部分是由于上颌发育过度所致。因此，对上颌复合体的矫形治疗是生长发育期儿童骨性畸形矫治的主要手段之一。

1. 上颌复合体及上颌牙弓阻力中心位置的研究

（1）研究现状：在上颌复合体的矫形治疗中，因矫形力的部位和方向不同，使上颌复合体产生水平向前或向后移动的同时，产生垂直向上或向下的移动，这种水平向前或向后的移动对于调整颌骨的前后关系是必须的，垂直向上或向下的移动对于调整颌骨的垂直关系也至关重要，而上颌复合体受矫形力后的移动趋势，取决于力的作用线和阻力中心的位置关系，一般认为：当外力力线穿过骨块阻力中心时，骨块将发生平动，当外力力线不穿过骨块阻力中心时，骨块将发生有平动和转动的复合运动，这一性质与牙体阻力中心和外力力线的关系一致。单个牙存在阻力中心，同样，由多个牙连接在一起的牙弓（如固定矫治器连接）也存在阻力中心，牙弓受到的约束力为每个牙受到的约束力的总和。上颌复合体借助骨缝间纤维与颅面其他骨联结，它受到骨缝间纤维及本身重量的约束，因此，上颌复合体也存在阻力中心。但是，对上颌复合体的上颌牙弓阻力中心的位置却长期存在争论，并且对阻力中心位置的描述都很粗略，难以准确定位。Teuscher 曾提出，上颌复合体的阻力中心在颧颌缝的中点偏上，上颌牙弓的阻力中心位于45 牙根之间的根尖 1/2 处，但未见支持其观点的实验依据。刘福祥的激光全息干涉计量研究认为，上颌复合体的阻力中心在水平牵引时位于殆平面上 50mm 处，即眶上下缘连线的中点，斜牵引时位于后上 30°方向上；上颌牙弓的阻力中心在水平牵引时位于殆平面上 25～35mm，接近于眶下孔，垂直牵引时位于第一磨牙的垂线上，但对阻力中心的具体位置仍难以确定，阻力中心是在水平牵引线和斜牵引线的交叉点上，还是水平牵引和斜牵引各有一个阻力中心，这需进一步研究。平贺顺子采用三维有限元法的研究认为，鼻上颌复合体的阻力中心位于从尖牙或磨牙斜向下 30°的牵引线附近，但未具体指出在牵引线的某处。Tanne 等人采用三维有限元法的研究认为，鼻上颌复合体的阻力中心位于从第一磨牙斜向下 -45°～-30°方向的牵引线附近，对阻力中心位置的描述更不精确。赵志河等采用三维有限元法，通过绘制并分析上颌复合体及上颌牙弓的节点位移方向随矫形力方向的变化曲线，以决定经过阻力中心的矫形力方向，然后计算阻力中心的三维坐标值。结果显示：上颌牙弓的阻力中心的三维坐标值为（0，20.1，14.7），即在正中矢状面上，高度约在双尖牙根尖，前后位置在第二双尖牙。上颌复合体的阻力中心的三维座标值为（0，17.6，16.6），即在正中矢状面上，高度在梨状孔下缘，前后位置在第二双尖牙和第一磨牙之间，在牵引方向为 -37°时，牵引线既经过上颌复合体的阻力中

心，也经过上颌牙弓的阻力中心。

（2）临床应用：长期以来，临床正畸医师们迫切地希望了解上颌复合体和上颌牙弓阻力中心的确切位置，便于更有效地根据畸形机制施以矫治力，达到最佳的矫形效果。上颌牙弓及上颌复合体阻力中心位置与矫形力牵引线的关系，可以归纳为三种情况：

1）牵引线同时经过上颌牙弓及上颌复合体的阻力中心，上颌牙弓及上颌复合体将发生平动而无转动（图12-8-18）。例如，根据前述作者的研究结果，从尖牙斜向下37°牵引时，牵引线既经过上颌牙弓的阻力中心，也经过上颌复合体的阻力中心，沿此方向牵引上颌牙弓和上颌复合体将沿牵引线动，此时矫形力将发挥最大的效率。

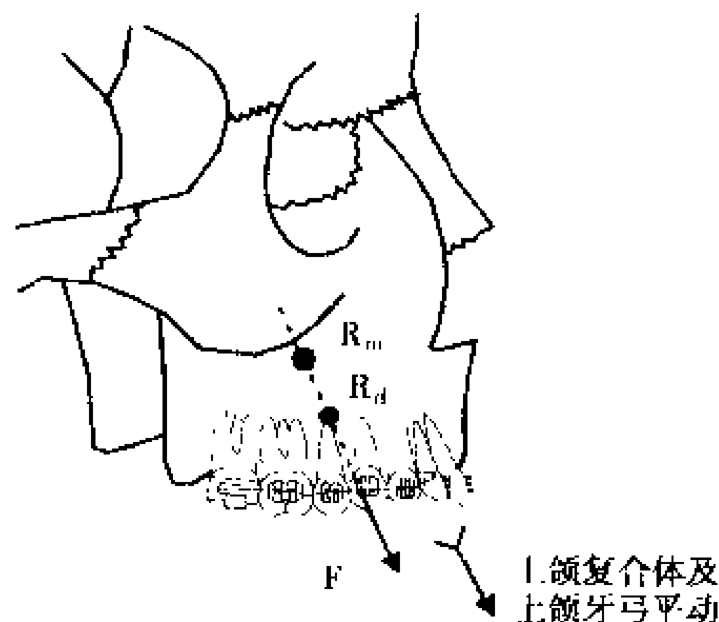


图12-8-18　矫形力牵引线经过上颌牙弓及上颌复合体阻力中心
R_m：上颌复合体阻力中心
R_d：上颌牙弓阻力中心

2）牵引线经过上颌牙弓及上颌复合体阻力中心的同侧，上颌牙弓及上颌复合体将发生同向的逆时针或顺时针旋转。例如，临床上对反𬌗进行前牵引治疗时，如果伴有开𬌗倾向，开𬌗的机制不仅伴有上颌骨的逆时针旋转，而且有前牙槽骨高度不足，进行矫治时就需要针对其机制使上颌牙弓和上颌复合体同时顺时针旋转（图12-8-19）。

3）牵引线经过上颌牙弓及上颌复合体阻力中心之间，上颌牙弓及上颌复合体将发生相对旋转。例如，临床上对反𬌗进行前牵引治疗时，如果伴有深覆𬌗，深覆𬌗的机制包括上颌骨的顺时针旋转，但上后牙槽高度代偿性发育不足，进行矫治就需要针对其机制使上颌复合体逆时针旋转，上颌牙弓顺时针旋转（图12-8-20）。

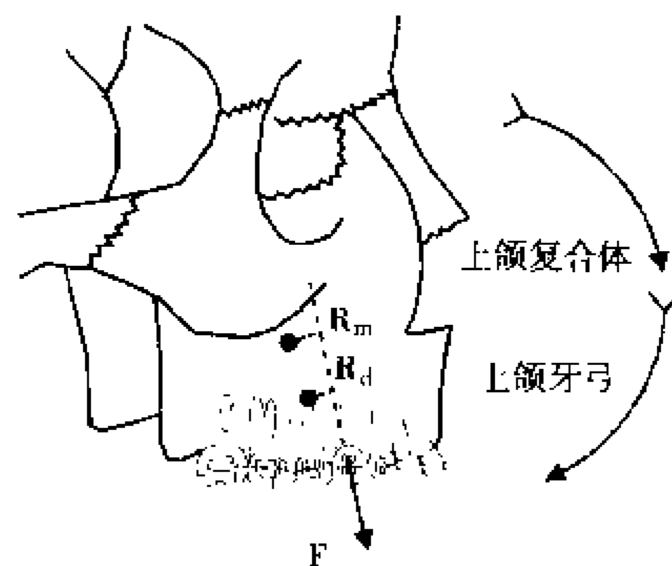


图12-8-19　矫形力牵引线经过上颌牙弓及上颌复合体阻力中心同侧
R_m：上颌复合体阻力中心
R_d：上颌牙弓阻力中心

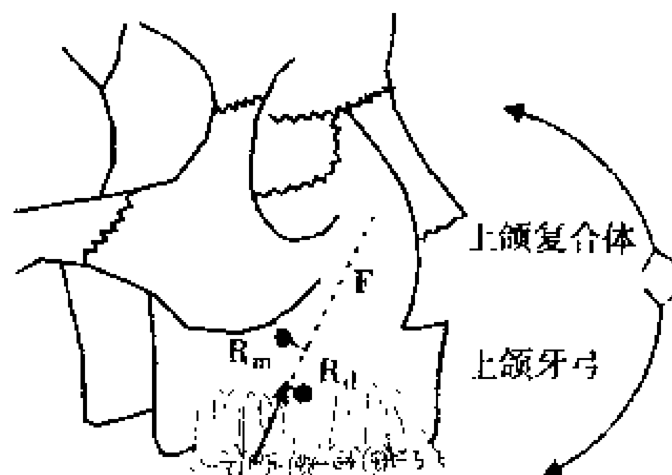


图12-8-20　矫形力牵引线经过上颌牙弓及上颌复合体阻力中心之间
R_m：上颌复合体阻力中心
R_d：上颌牙弓阻力中心

综上所述，在临床上应根据畸形的骨性和牙性机制，以决定矫形力的牵引线和上颌复合体及上颌牙弓阻力中心的关系。

2. 矫形力

（1）矫形力的大小：目前临床上采用的面罩前牵引上颌的力值为500～600g，使用改良颏兜时，上颌的前牵引力值为300～500g，常用的口外后牵引力为300～500g。矫形力的大小，还应根据个体的条件：如年龄、组织感受性、畸形程序、能常戴的时间等进行调整。

（2）矫形力的方向：前牵引的牵引角度由+30°～-30°时（从上尖牙牵引），上颌骨与颧骨呈逆时针旋转，旋转的量逐渐减小。因此，对有开𬌗倾向或上颌骨生长方向逆时针旋转者，为了避免前牵引时的逆时针旋转，应采用向前下30°以下的矫形力；而对前牙反覆𬌗深或上颌骨生长方向顺时

针旋转者，为了借助前牵引时的逆时针旋转，应采用与功能𬌗平面平行或向上的牵引角度。

后牵引的牵引角度由+30°～-30°时（用口外弓从上第一磨牙牵引），上颌骨与颧骨呈顺时针旋转，旋转的量逐渐增大。因此，对覆𬌗较深或上颌骨生长方向顺时针旋转者，为了避免后牵引时的顺时针旋转，应采用向后上30°以上的矫形力；而对有开𬌗倾向或上颌骨生长方向逆时针旋转者，为了借助后牵引时的顺时针旋转，应采用与功能𬌗平面平行或向下的牵引角度。

（3）矫形的作用部位：前牵引时，从第一磨牙牵引比从尖牙牵引所引起的上颌复合体逆时针旋转大。后牵引（口外弓）时，从第一磨牙牵引比从尖牙牵引所引起的上颌复合体顺时针旋转大。

（4）矫形的作用时间：在力的作用时间上，骨缝对力的反应与牙周膜相似；即一旦达到骨反应的阈值，即使矫形力作用更多的时间变化也很小。但要确定这一阈值较困难，一般认为每天力的作用时间不应低于8～10小时，否则将没有什么反应。通常，希望产生尽可能多的骨移动，尽可能少的牙移动，但要完全避免牙移动则不可能。要产生骨的变化，作用在牙上的力应相当大（500～1000g），但重而持续的力将引起牙根和牙周组织结构的破坏，重的间隙力是减小牙移动的有效方式，因为重力去除时，潜行性吸收减少。因此，不应每天24小时戴口外装置。如果每天戴12～16小时，能产生相当大的骨变化，肯定有一定的牙移动，但牙移动的量小于每天24小时戴口外装置的病人，每天24小时戴的患者骨的变化并不大于每天戴12～16小时的患者。理论上，可以不经过牙齿而直接对颌骨施以作用力，动物实验认为可以将种植体直接置于骨中，在种植体上施力，但没有用于人体的报告。但在人体可用粘连的恒磨牙施力产生单纯的骨的变化。

（二）下颌骨的矫形治疗

在Ⅲ类错𬌗的形成机制中，有一部分是下颌前突所致；在Ⅱ类错𬌗的形成机制中，也有一部分是下颌发育不足或下颌后缩所致，所以，下颌骨的矫形治疗也是生长发育期儿童骨性畸形矫治的主要手段之一。

1．抑制下颌的生长　通过施加矫形力于下颌髁头抑制下颌的生长效果很不理想。这可能是下颌的生长控制机制不同于上颌骨，也可能是难于在关节内产生适当的应力水平。作用于颏部的矫形力传递到颞下颌关节内应该是向上和向后，但有两个问题：其一是关节盘的存在使情况复杂化，难以准确地决定受力区域；其二是，球形的关节面使得所加载荷不能分布于整个关节面，可能只分布于几平方毫米的接触区域，其余部分很少或无分布。所以，尽管抑制下颌的生长在理论上可行，但临床效果很差。

2．刺激下颌的生长　用较小的力就能使髁头前移，让下颌处于前突的位置，但是否让下颌处于前突位置就能刺激其生长，这一问题争论了许多年。研究表明，下颌一直处于前突位置能加速其生长，机制有二：其一是被动的，下颌被矫治器导向前；其二是主动的，下颌被肌肉拉向前，包括翼外肌。一些研究认为，翼外肌的作用是刺激生长的关键因素。另外，矫治器导下颌向前需几百克的力，如果这个力分布到上、下颌牙，将使上前牙后移，下前牙前移，限制了上颌的生长。为了达到最大的骨变化和最小的牙变化，作用力应尽可能地离开牙，所以，组织支持的Fränkel矫治器正适合这点。

第三节　正畸材料力学

一、弹性材料

对于正畸医生来说，移动牙齿或颌骨的矫治力主要来自于矫正弓丝，而矫正弓丝的物理性能之一——弹性性能具有十分重要的意义，弓丝的弹性决定了矫正装置的设计、施力及矫治效果。

（一）弹性材料的基本特性

任何材料的弹性都是根据外力的作用下其应力-应变反应来决定的，应力和应变都属于材料的内部变化状态：应力是外力作用于物体时，物体内部单位面积通过的力；应变是当外力作用于物体时，物体单位长度的变量。为便于分析，正畸弓丝都可以看成是由单端或双端支持的梁，当受到力的作用时，力和变形（变弯或扭转）均能从外部测出，内部的应力和应变可根据力和变形，以及梁的面积和长度计算出来。

从正畸目的出发，讨论梁的三个主要特性：强度、

刚度/弹性和有效限度，每个特性均通过力-曲度曲线或应力-应变曲线进行确定(图 12-8-21 和 12-8-22)。

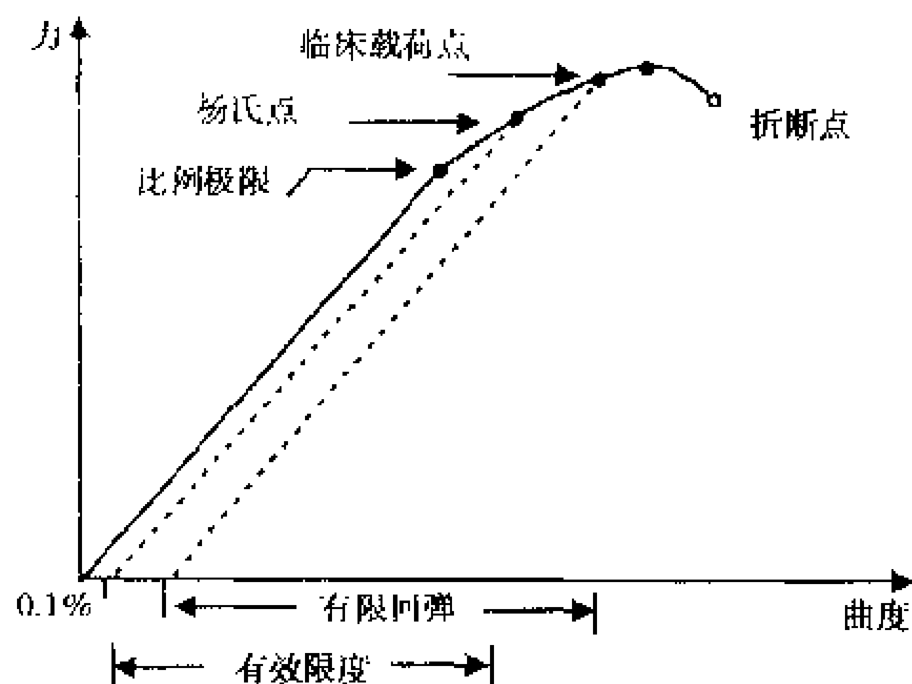


图 12-8-21　正畸弓丝的力-曲度曲线

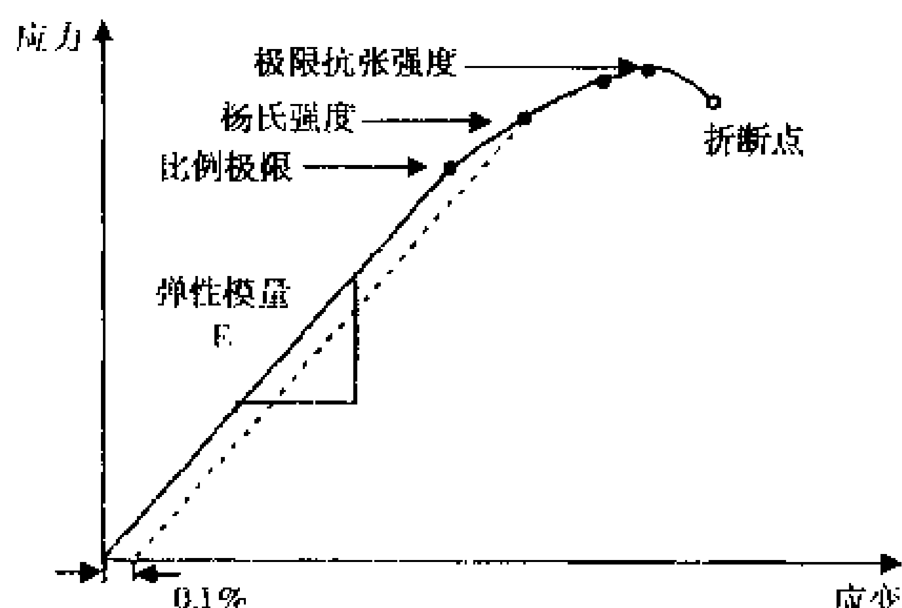


图 12-8-22　正畸弓丝的应力-应变曲线

1. 强度（strength）　单位为 g/cm^2。在应力-应变曲线中，有三个点代表材料的强度，每点都表示材料在不同的状态下所能承受的最大载荷。

(1) 比例极限（proportional limit）（又称弹性限度，elastic limit）：最先出现不可回复变形的点。

(2) 杨氏强度（yield strength）：有 0.1% 的不可回复变形的点。

(3) 极限抗张强度（ultimate tensile strength）：材料能承受的最大载荷的点。

2. 刚度（stiffness）/弹性（elasticity）　无单位。在力-曲度曲线中，材料的刚度由曲线线性部分（即弹性部分）的斜率所决定，斜率越平，弓丝刚度越低；斜率越高，弓丝刚度越高。弹性与刚度呈反比：弹性＝1/刚度。

3. 有效限度（range）　单位 mm。在力-曲度曲线中，有效限度为从 0.1% 的不可回复变形点沿 X 轴到杨氏点的距离。它代表发生不可回复变形之前弓丝能变曲的距离；有限回弹（spring back）为除去不可回复变形，被弯曲弓丝能回弹的距离，如图 12-8-21 所示，其测量值为除去临床载荷所产生的不可回复变形，沿 X 轴到临床载荷点的距离。有限回弹特性介于比例极限和极限强度之间，在许多临床情况下，弓丝的弯曲超过弹性限度，所以，有限回弹对于决定弓丝的临床性质有重要意义。

在应力-应变曲线中，还有两个重要的特性：弹性区和可成形量（图 12-8-23）。

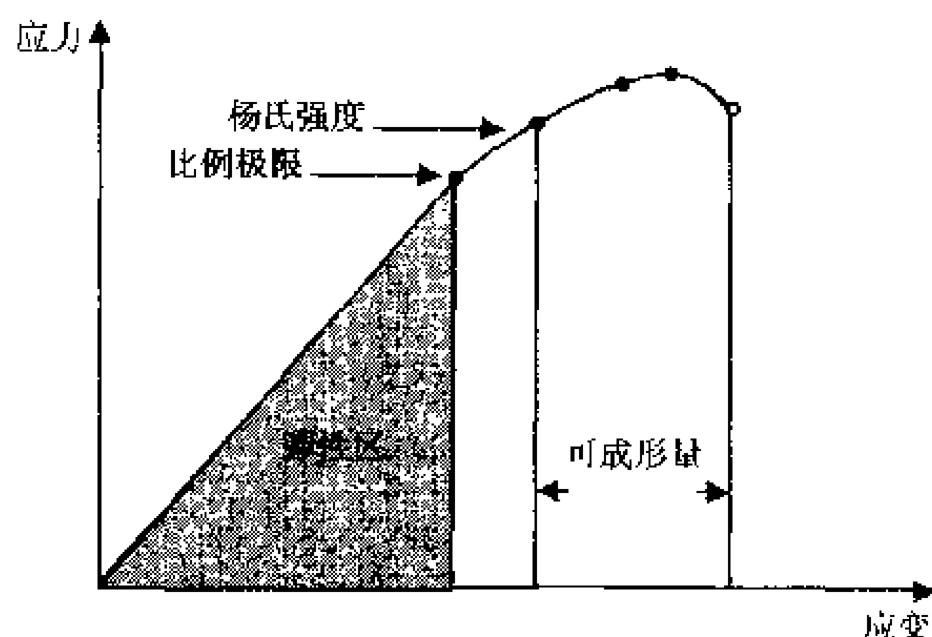


图 12-8-23　弹性区和可成形量

4. 弹性区（resilience）　是应力-应变曲线下方，比例极限内（不包括比例极限）的区域，它代表弓丝的能量储存能力，是强度和弹性的结合。

5. 可成形量（formability）　是弓丝折断前可承受的不可回复变形的量。

正畸用的理想弓丝材料应具有以下特征：①高强度，②低刚度（多数），③高有效限度，④高可成形量。另外，材料还可焊接附件，价格便宜。在当代正畸学中，还没有一种弓丝材料能达到所有要求。所以，应该根据不同的目的选用不同的材料。

（二）弹性材料几何形状对弹性性能的影响

1. 直径或横断面积的影响　对于单端支持圆柱悬臂梁的情况，当钢丝直径增加一倍时，其强度增加 8 倍，弹性减小 1/16，有效限度减小 1/2。从一般情况来看：

$$d \rightarrow D \begin{cases} \text{强度} \rightarrow \times \left(\frac{D}{d}\right)^3 \\ \text{弹性} \rightarrow \times \left(\frac{d}{D}\right)^4 \\ \text{限度} \rightarrow \times \left(\frac{d}{D}\right) \end{cases}$$

d、D：钢丝直径 ×：乘号

双端支持梁的情况更复杂些，但其变化规律与悬臂梁一样，强度的增加为三次方函数，弹性的减小为四次方函数，限度的减小呈比例关系。

尽管在工程应用中圆柱可以扭转，但在正畸中扭转只存在于方丝，扭转的分析方法与弯曲基本相似，但是剪切应力而不是弯曲应力，其公式完全不同，但弓丝横断面积变化的影响是一样的，弓丝减细、强度减小，弹性和限度增加。

2. 长度和支持方式的影响 对于单端支持圆柱悬臂梁的情况，当钢丝长度增加一倍时，其强度减半，弹性增加8倍，限度增加4倍。从一般情况来看：

$$l \to L \begin{cases} 强度 \to \times \left(\frac{l}{L}\right) \\ 弹性 \to \times \left(\frac{L}{l}\right)^3 \\ 限度 \to \times \left(\frac{L}{l}\right)^2 \end{cases} \quad L：钢丝长度 \quad ×：乘号$$

双端支持梁的情况，尽管数学计算公式更复杂，但其变化规律是一样的，强度成比例减小，弹性和限度呈指数增加。

在扭转的情况下，长度变化的影响与弯曲情况不同，弹性和限度是按比例增加，扭转的强度不受长度的影响。

梁两端的附着方式也影响其性能，弓丝两端可以紧结扎，也可松结扎，加载的点也可以是梁上任何点，双端可滑动的梁（松结扎）的弹性是双端固定梁（紧结扎）的4倍，强度减小1倍，限度增加2倍。对于多点支持的情况，如一弓丝栓到几个牙上，其弹性减小，应采用松结扎增加其弹性。

3. 通过改变材料特性及其粗细—形态控制正畸力

（1）弹簧应有适宜的强度：钢丝的强度应在使用时不发生不可回复变形，但也不应太硬。活动矫治器的指簧最好用较粗的钢丝来达到所需要的强度，所需要的弹性通过增加其长度获得，因为其长度增加则弹性呈立方函数增加，强度仅仅成比例减小。

（2）在弓丝上弯制曲或圈：在两个牙之间的弓丝上弯制曲或圈，相当于增加其长度，能大大增加这段弓丝的弹性，而强度的减小仅呈比例关系。

（3）将两根或多根细丝结合在一起使用，例如：两根0.010英寸的钢丝能承受单丝两倍的载荷，但其弹性不受影响，“双丝”矫治器系统能提供良好的弹性以排齐牙齿，而且其强度比单根丝强。

（4）不同的矫治时期采用不同的弓丝：镍钛丝的良好弹性使其多用于严重牙列拥挤治疗的初始阶段，其性能与带曲的不锈钢丝相似，但镍钛丝缺乏可成形量，不可能弯制曲或圈。而β-钛丝介于镍钛丝和不锈钢丝之间，多用于关闭间隙和完成阶段。所以，通常用一系列弓丝，从镍钛丝、β-钛丝到不锈钢丝来完成正畸治疗。

4. 承载方向对弓丝弹性性能的影响 除弓丝横截面形态、大小及弓丝长度等对其弹性性能有影响外，弓丝受力的方向也有影响。图12-8-24为一顶端有圈的垂直曲，受不同方向的力，图12-8-24图（1）的曲受力与圈弯曲方向相同，与弓丝原弯曲方向一致。图（2）的曲受力与圈弯曲的方向相反。图（1）受力方式曲所能承受的弹性负荷及弹性变形大于图（2）。

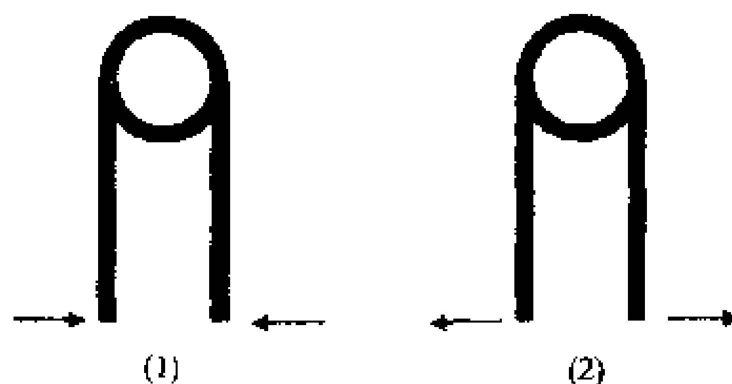


图12-8-24 带螺圈曲的受力方向

在临床上弯制关闭曲时，应弯曲成图12-8-25（1）的形态，不应弯曲成图（2）的形态。图（1）曲的受力与弓丝原弯曲方向一致，能承受的弹性负荷大，图（2）曲的受力与弓丝原弯曲方向相反，能承受的弹性负荷小。

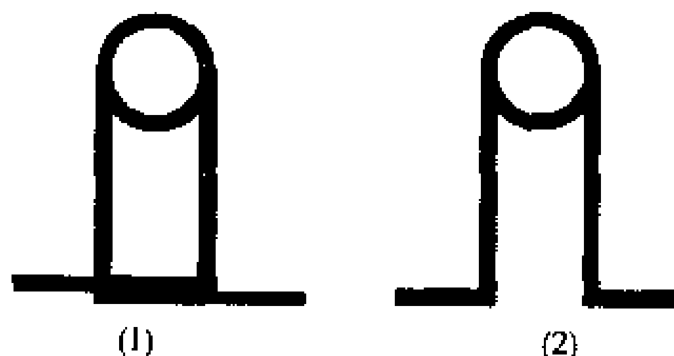


图12-8-25 关闭曲的正确弯制

同样，临床上在弯制连续弓丝时，应使弓丝弯

制时最后的变形方向与弓丝置入锁槽中变形的方向一致。如弯制打开咬合用的反曲线弓丝，由于弓丝置入锁槽内的变形方向与弓丝的弯曲方向相反，所以弯曲时应首先将弓丝过度弯曲，然后沿弓丝置入锁槽后的受力方向回复至所需曲度，这样就可以保证弓丝置入锁槽的变形方向与最后一次的弯制方向相同，则可以保证弓丝处于最大弹性负荷状态。后倾弯的弯制也应如此。如要弯制30°的后倾弯，见图12-8-26（1）为直接弯曲至所需曲度，弯制方向与置入锁槽后的受力方向相反。图（2）则先弯至一大于30°的曲度，再回复至30°，则后倾弯的最后弯制方向与置入锁槽后的受力方向相同，所能承受的最大弹性负荷大于图（1）方式弯制的后倾弯。

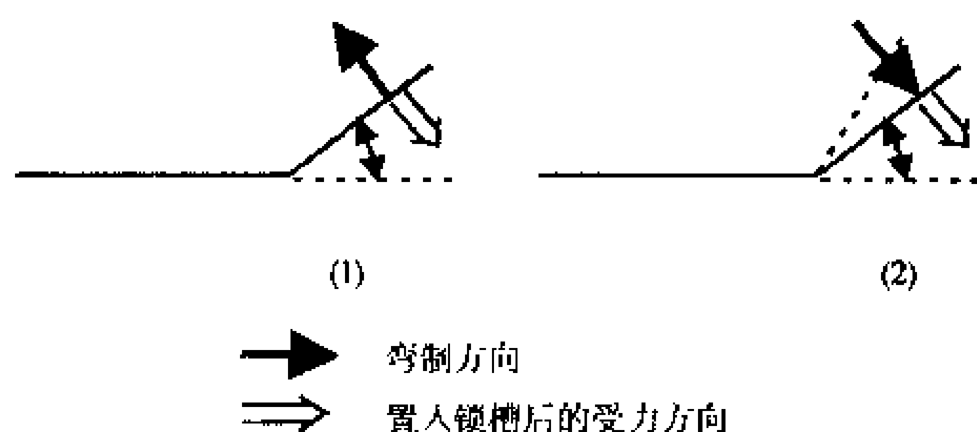


图12-8-26　后倾弯的弯制
（1）弯制方向与置入锁槽后的受力方向相反
（2）弯制方向与置入锁槽后的受力方向相同

5．应力集中区　弓丝变形所产生的应力并非各处均匀一致，弯矩最大处产生的应力也最大，此为应力集中区，这些区域最易发生恒久变形，为尽量减少应力集中区的出现，在弓丝的弯制过程中应注意下列两种情况：

（1）弓丝弯制过程中应避免在应力集中区出现刻痕或锐弯。临床上由于受锁槽间距的限制，弯制弓丝曲的余地很小，极易出现锐利弯曲，刻痕和锐弯常会降低局部弓丝的应力承受力。因此，弯制弓丝时应尽量作圆滑的弯曲，必要时增加螺圈的数目，以减少恒久变形发生的可能。如图12-8-27三种不同的垂直曲，图12-8-27（1）曲顶端尖锐，最易发生恒久弯形甚至断裂；图（2）曲顶端较圆滑，优于图（1）曲；图（3）曲有螺圈，弹性最好。

（2）在应力集中区应尽量避免焊接附件，弓丝上焊接附件会降低局部弓丝的弹性限度，易发生恒久变形或断裂。

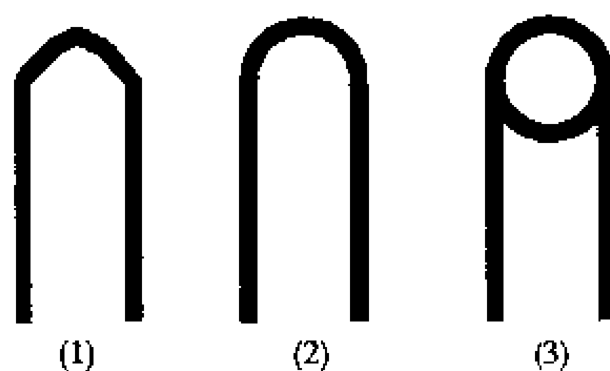


图12-8-27　三种不同弯制的垂直曲

（三）通过减小钢丝载荷-曲度比率来增加力的持续性

1．减小钢丝的横断面积

（1）使用小直径钢丝的优点是由于其高弹性易于结扎入锁槽，特别是牙列拥挤的治疗开始阶段，但是，小直径钢丝不利于牙移动的三维控制。

（2）大直径钢丝能在需要细微牙移动的治疗结束阶段对牙移动提供精确的控制，也能在治疗早阶段用于支抗的稳定。但因为其刚度增加，力曲度比率增加，作用的持续性减少。

2．增加锁槽间距　临床上增加锁槽间距的实际应用是从牙齿旁边经过而不结扎如锁槽，或从第一恒磨牙的附管上焊接弹簧或悬臂梁。

3．在钢丝上弯制曲。

4．用记忆合金丝　如钛镍丝。

二、Edgewise系统锁槽设计的影响因素

Edgewise系统锁槽的宽窄和槽沟的宽度是矫治器设计时应考虑的两个重要因素。

1．锁槽宽度的影响　在其他条件一致的情况下，锁槽越宽，越容易产生整体移动，以尖牙整体移动进入拔牙间隙的情况为例（图12-8-28）：如锁槽的宽度为1mm时，假设需1000gmm的反向力矩才能抵抗移动尖牙的内收力使其产生整体移动，也就是在锁槽的近远中角需各加1000g的力才能产生如此大的反向力矩；而当锁槽的宽度为4mm时，在锁槽的近远中角仅需加250g的力，接触压力减小。从一般的情况来看，当牙齿沿弓丝滑动进入拔牙间隙时，在弓丝和锁槽之间将产生摩擦力，摩擦力的大小受锁槽和弓丝之间接触压力和接触角的影响，较宽的锁槽使接触压力和接触角减小，更有利于滑动。但较宽的锁槽也有不利之处，较宽的锁槽

使邻牙间距减小，缩短了两牙之间弓丝的有效长度，减小了其弹性和限度。因此，不能用太宽的锁槽，锁槽的最大宽度大约是牙齿宽度的一半，甚至更窄，以利于牙列拥挤的排齐，因为锁槽间距增大使弓丝更有弹性。

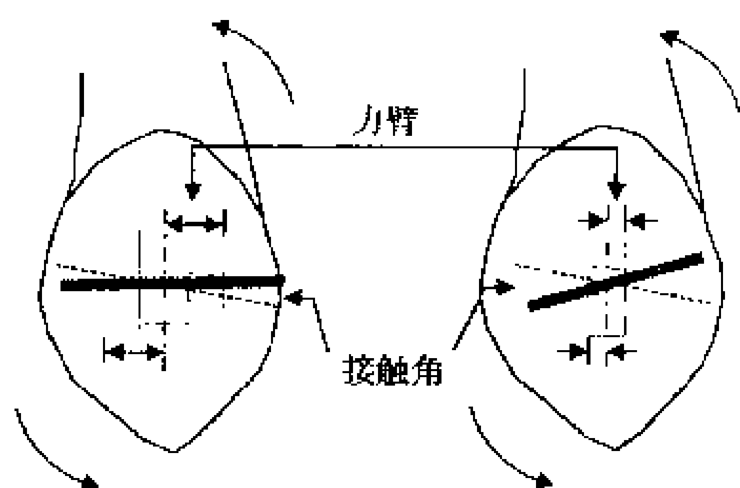


图 12-8-28 锁槽宽度的影响

2. 槽沟宽度的影响 在 Angle 原始的方丝弓矫治系统中，所用的是金弓丝，槽沟的大小为 0.56mm×0.71mm，方丝弓的大小是一样的，在 Angle 的治疗思想中，很少需要滑动牙齿进入拔牙间隙，因为基本上不拔牙，而牙的转矩很重要，矫治器设计的最大目标是进行转矩。

当用不锈钢丝代替金丝时，因为同样大小的不锈钢丝太硬，0.53mm 的不锈钢方丝虽能很好地适合0.56mm 的槽沟，但其弹性和限度较低以致于不能有效地进行转矩，用 0.48mm×0.64mm 英寸时的方丝，于 0.56mm 的槽沟中也不利于转矩，所以，槽沟从 0.56mm 减小至 0.46mm 时，用 0.45mm 的不锈钢丝和槽沟能进行有效的转矩。

另一方面，使用小于槽沟的弓丝能减小牙滑动的摩擦。经验认为，锁槽沿弓丝滑动至少需 0.05mm 的间隙，甚至更多，所以 0.41mm 的方丝在 0.46mm 的槽沟中有利于滑动。0.46mm 的方丝在原始的 0.56mm 的槽沟中有较大间隙，但在 0.46mm 的槽沟中则无间隙，滑动困难。所以，原始的 0.56mm 的槽沟，对关闭间隙有利，但不利于后期进行的转矩。

因此，在排齐牙齿时采用镍钛丝，由于其高弹性，可以克服不锈钢丝在 0.56mm 槽沟中所受的限制，然后，用 β 钛丝的方丝代替不锈钢丝完成治疗和控制转矩。

（赵志河）

第九章　口腔种植体的生物力学

第一节　种植体的生物力学相容性

口腔种植体作为口腔颌面部骨、牙器官的替代物，除需具备良好的组织相容性外，还应具备支撑、固定、传力的生物力学相容性（biomechanical compatibility），并在机体中，与骨、牙的力学性能相协调、匹配。

刚性和弹性是口腔颌面种植材料重要的力学性能。种植材料的力学性能受到材料组成成分、化学物理结构及几何形态设计的影响。同时，在机体特殊的生态环境下，这些性质的变化特征、变化规律，正是种植材料生物力学重要的研究内容。种植体的生物力学相容性主要是指种植体材料的力学性质与骨组织接近。

一、种植体与相邻组织的生物力学关系

口腔牙种植体的结构跨越了口腔两个组织结构：即骨组织与龈组织。牙龈组织内含有致密的结缔组织纤维束，组织坚韧，微有弹性，较口腔其他部位的粘膜组织感觉迟钝。其表面覆盖一层角化层或不全角化层，能适应咀嚼作用所加的压力和磨擦。种植体穿越的骨组织包括牙槽骨和颌骨，牙槽骨是骨骼中变化最活跃的部分，除牙槽嵴顶区为密质骨外（外骨板），种植体周围大部分是与松质骨接触，骨组织的力学性能受到骨质密度的影响。当种植体与周围骨组织、龈组织形成稳定的结合界面后，在行使咀嚼功能活动中，还应与牙颌系统、咀嚼肌系统、神经血管系统相协调，以保证良好的力传导，保持与牙、肌肉、骨组织功能的平衡。

作为牙种植体的材料，理化性能必须稳定，并能与相邻牙、骨组织、龈组织形成一个类似天然牙结构的整体结构，使之在功能状态下，能承受载荷，有效地分散、传递𬌗力，并以一定范围内的移动、变形，将应力呈梯变性传导到周围骨组织中，使载荷得以合理分配。

目前临床上广泛使用的商业纯钛、钛合金种植体是一类化学稳定性良好的生物惰性材料，弹性模量低、比重轻，并具有良好的韧性。生物陶瓷、羟基磷灰石、三磷酸钙等生物材料与人体骨组织无机成分相似，与骨组织结合力强，但脆性大，强度和韧性低。目前许多种植系统是以钛金属作为主体，在钛芯表面进行特殊的生物活性处理，以保证在获得良好骨整合界面后，能有效地支持修复体，传递、分散咬合力，恢复咀嚼功能及面形美观。

二、人工种植牙修复中的力学问题

屈矩（bending moment）是种植义齿修复学中一个重要的力学概念，即作用力乘以从支点到力作用线的垂直距离。屈矩愈小愈有利于种植体的稳固。咬合力是一多方向、多变化的复杂力体系，包括轴向力、侧向力和扭力，轴向力是屈矩最小的咬𬌗力，而水平侧向力、扭力产生的屈矩较大。

种植体植入骨组织中，即受到肌力、合力、相邻牙施加的载荷作用，随着骨整合界面的形成，咀嚼功能的恢复，种植体的负荷量加大，力方向也呈动态变化，种植体与骨结合部的顶点将作为支点产生弯曲变形，种植体发生屈矩反应，出现应力集中，周围骨组织受压，产生骨吸收。因此，种植体与基台应尽量保持直线状，修复体的功能尖、窝位置应尽量靠近植入体，使𬌗力呈轴向传导，减少屈矩作用。经研究证明，植入体与基台角度应小于20°，才能有效地、符合生理要求地进行应力传递。

口腔种植体的生物力学相容性要求包括以下四个方面：

1. 种植体应具有一定的强度，以承受功能载荷，在生理承载范围内不发生不可逆的变形或断裂。

2. 种植体-骨整合界面具有良好的应力传递作用，种植体形态结构应保证𬌗力得以均匀分配，减少应力集中；防止对牙槽骨造成损伤或吸收。

3. 种植体材料的性能应与相邻组织的各项力学性能相协调、匹配，形成合理的整体力学系统。

4. 种植体基桩或支架连结方式、结构应避免应力集中，修复材料应对种植体周围应力变化无不良影响。

第二节 种植体骨界面的连接形式及力学性质

一、天然牙牙周组织的特点

牙周组织即牙齿支持组织，包括牙周膜、牙槽骨和牙龈。

牙周膜主要由胶原纤维组成。牙周膜将牙齿和牙槽骨联结在一起，使牙齿得以固定于牙槽骨内，是传递和缓冲咀嚼压力的重要结构。

牙周膜是纤维性结缔组织，其间有神经、血管、淋巴管等，含有牙周本体感受器，对应力方向、大小可进行反馈性调节。牙周膜中纤维因功能关系分为横向、斜向及垂直向，其中斜向纤维具有将咀嚼压力转换成牵引力的作用。当牙齿受到垂直压力时，几乎所有斜向纤维都呈紧张状态，而侧向压力作用状态下则仅有部分纤维呈紧张状态。因此，牙周组织对垂直压力有较大的抵抗力。

牙槽骨可分为固有牙槽骨、皮质骨和松质骨。固有牙槽骨围绕牙根，是牙周疾患首先侵袭的结构，皮质骨是密质骨，松质骨中骨小梁的粗细、多少与牙的功能有关，功能愈大，骨小梁愈粗大、愈密集，排列有序。当受到压力时，骨质发生吸收，受牵引力作用时，牙槽骨增生。

牙龈覆盖于牙颈部和牙槽嵴顶，具有较强的韧性，牙龈中的附着上皮，是十分重要的屏障，隔绝了外界致病菌对牙周的侵犯。

牙周膜、牙槽骨、牙龈三大重要结构，使天然牙的功能及健康得以保证，这是人工种植牙与之最大的差别之处。这种结构的力学意义是由于物质不同刚度的递增过渡，使应力集中现象减少，施加力得以合理分布、传递。

二、种植体-骨界面结构形成及特点

种植体-骨界面的连接形式随着植入时间的长短、植入材料的性能不同，而有不同的反应形式或连接方式。种植体-骨界面的形成是一个过程，而不是一个结果。在种植体的整个生命进程中，始终存在着动态的变化，因此，界面的力学性能也随之有所改变。

种植体植入初期，周围骨组织代谢十分活跃，种植手术创伤、种植体的植入均可引起局部骨吸收代谢水平升高。骨组织丢失量平均每年0.7mm。这一时期，种植体无负荷，使种植体处于一种相对静止状况，保证了周围组织成分对种植体进行辨别，适应、相容的生物学反应，随着细胞粘附分子对种植体表面的附着促进了周围细胞的生长、增殖、分化、愈合骨痂渐形成。

无载荷愈合期应保持3～6个月。该时期种植体-组织界面以骨屑、血凝块吸收、机化为主，随后新生骨组织代谢活跃。但界面结合力十分脆弱，此时期从分解代谢高于合成代谢，逐渐过渡到一种代谢相对平稳的阶段。种植体如过早负荷，种植体-骨组织界面则会产生相对运动，妨碍愈合骨痂的形成，并可致纤维包裹膜的形成，附着上皮潜行下移，引起感染，导致种植体松动失败。

种植体无载荷下愈合一个月后，随着咬合功能的恢复，种植体-骨界面及周围组织根据材料的生物相容性及功能需要，进行改建，局部骨代谢渐趋平衡，形成组织结构近似天然牙周结构、功能符合种植体需要的骨整合界面。

骨整合结构已被种植学界肯定为种植体植入成功的标志。该概念由Branemark首先提出：表现为光学显微镜下，高分化的、具有生命力的骨组织与种植体形成直接接触。随着口腔种植学的发展，近年来已证实：所谓的骨整合并不是连续的，未矿化的胶原纤维始终依附于支持骨的致密矿化基质中，并伸向种植体的表面。这种结构符合优化设计的Wolff定律，使在一定程度上保持界面结构对种植体的生理性应力传导，但因这种未矿化的胶原纤维并未进入种植体，因此，骨整合界面对力的传导、分散能力较天然牙牙体和骨组织差。

种植体-骨整合界面在电镜下呈矿化骨紧靠钛种植体表面，近种植体侧有一致密的嗜锇层，该物质被认为是在钙化开始和结束时一种有机物质在种植体表面的堆积，宽约100nm。在骨陷窝或骨小管周也存在类似结构层。界面区的许多部位，嗜锇层的种植体侧尚存在一宽约100～300nm厚的无定形

结构。嗜锇层、无定形结构隔开了钙化组织，经电子探针分析，种植体是由蛋白、蛋白多糖包围。由此可解释天然牙与种植牙的力传导差异关键是生物组织结构不同所致，有着本质上的差别。

形成骨整合界面的种植体与钙化骨组织间仅存有200～400nm的有机层结构，受力时受相邻骨组织的嵌合限制，基本无相对运动，没有摩擦，也基本不释放磨耗产物，但由于无牙周膜压力感受器，对应力值的反馈性调节能力下降，对力的敏感性降低。因此，为使种植体的使用寿命延长，须在种植体的修复设计上加以辅助性的结构，并在使用中尽量减少水平侧向力的施加，保证轴向承载、传导，比如从种植体上部结构加以应力缓冲装置，在覆盖义齿中采用球状体嵌合固位，使义齿有一活动的余地，当更多的力直接施于义齿下方支持组织，可减少种植体的应力集中，延长其使用寿命。

三、种植体-骨界面的连接形式

从组织学结构特点，目前对种植体-骨界面结合形式分为三种：骨性结合界面（osseo-integrated interface）、纤维骨性结合界面（fibro-osseo-integrated interface）、种植牙周膜结合界面（implant periodontal membrane interface）。

骨性结合界面、存在物理性骨性结合——主要是机械嵌合，占骨性结合中的比例很大，另外存在少量的化学结合力，如羟基磷灰石中的无机离子与骨组织中的成分形成整合物或离子间产生化学键结合。目前学者们拟通过改善种植体的一些表面性能，加强种植体骨界面的骨组织形成和结合力。影响骨整合界面的形成除材料本身性质外，还与种植手术过程、植人区骨组织情况，早期载荷情况及个体差异相关。

纤维骨性结合界面，表现为植人体表面覆盖一层纤维结缔组织，似一包膜，受力时种植体松动，上皮屏障破坏，上皮附丽潜行性下移，发生感染机会增加，目前认为这种性质的界面是一种失败的组织结构。

种植牙周膜结合界面，一直是种植学界研究、奋斗的目标。也是最接近天然牙周、符合种植牙功能需要的理想结构。曾有研究发现在种植体的肩部发现有一定斜度附着的微细纤维，但一般多呈平行于种植体的结构。目前的种植系统尚未见有类似天然牙周膜的种植牙周膜界面结构的文献报道。作者进行的实验观察中发现：钛金属种植体在骨组织中形成的表面纤维常平行于种植体的长轴，在种植体与纤维结构之间隔有一层无定形的粘多糖结构。粘多糖的形成被认为对细胞粘附于无机人工材料表面，形成生物性界面，有重要的作用。生物陶瓷材料种植体表面形成的纤维结构则长人材料的孔隙中，形成交错嵌合的机械锁结。

第三节　种植体-骨界面的结合力

一、种植体-骨界面结合力形成的生物学基础

研究证明，生物相容性良好的钛金属种植体，随着手术植人，组织对材料的辩别、容纳，一个月后，周围骨组织生长情况已达稳定状态，随着功能恢复的改善，骨组织代谢水平、骨胶原的排列、走向也有相应的改建。

种植体-骨界面的结合力是指组织、细胞及各种离子、介质间的吸引力、粘附力、化学结合力和机械锁结力。这种结合力的产生、增强，主要取决于植入材料的生物组织相容性、机械相容性和组织的代谢水平、状态。结合力的存在，才保证了载荷能有效地分散、传导和功能的重建、恢复。种植体-骨界面结构稳定，是界面结合力和种植体负有生命力的保证。

有生命力的材料与无生命力材料的相结合，必须借助于有机质层的形成。近年来，许多研究发现，骨组织对牙种植体的附着直至骨性胶原纤维的包裹，产生结合力，须借助某些特殊蛋白和细胞对材料表面粘附，形成一特殊的生物活性界面。吸附于生物材料表面的这层结构，可视为特殊的细胞接受器（J J Sauk 1991），可改变细胞形态、蛋白质量及对压力的反应，最终改变细胞行为。

钛或钛合金种植体表面形成的TiO_2膜，是种植体-骨界面中另一重要的结构，其动电学性（electrokinetic properties）（Steinemann S.G etc.1988）使有机分子吸附在种植体表面，形成含钛氧化复合物，并与周围结构进行离子交换，形成了新型复合物、螯合物，与骨组织产生良好结合力，形成一复合体和良好的传力单位。

目前，许多种植体系统是通过提高界面机械锁结力来改善界面结合力的。如改进种植体表面微结构——喷涂羟基磷灰石、骨形成蛋白或微孔、沟槽结构等，以增大结合面积，增加骨内段长度、直径来改善结合力。也有不少学者采用特殊方法处理材料表面，诱导、改善材料的表面活性，如碱化处理钛或钛合金，产生与骨有强结合力的物质，并形成梯变结构，达到应力的生理性传导（A.Nanci etc 1988; Hyun-Min kim etc.1996）。

二、界面结合力特点

种植体——骨整合界面是组织结构、功能恢复最为理想的结合界面，为确保这一结合力强的界面形成、持续、应注意以下三方面：

1. 避免早期界面区出现微动（micromotion），这是非常重要的；

2. 界面应在无微动的状态下开始骨愈合，其反应的结果与植人材料性质密切相关；

3. 骨整合界面形成后，在恢复咬合后的承载环境下，骨结构的改建与界面结合力密切相关。

种植体-骨界面结合力应能抵御界面区承受的三种应力：压应力、拉应力、剪应力。从组织学结构分析，骨整合界面对外力的承受能力大于天然牙，但与天然牙相似，种植骨界面的结合力对拉应力、剪应力的承受力弱于压应力。骨整合界面缺乏牙周膜中的本体压力感受器，对所承受的外力缺乏生理性反馈调节，自我保护能力差。正常情况下，骨所接受的机械应力与骨组织之间存在一种生理平衡，在一定的应力作用下，骨质的聚积和再吸收是相互平衡的。骨的受力情况虽然颇为复杂，但它总是以最优的外表形态和内部结构适应其功能的需要，以优化的形态和结构为其自身重建的目标。在外来植人体植入骨组织后，由于材料的弹性模量、强度与骨组织不一致，导致界面机械性能有一协调、适应过程，该环节的建立，对种植体的生命期限有着重要的意义。一旦该环节调节失控，将导致界面区骨组织结构发生进行性骨质吸收、破坏。

骨整合界面结合力主要为机械锁结力。机械锁结力的原理是：改变了微界面的应力作用方式，在各种方向的载荷下，大界面上每个区域均有小界面的压应力存在。材料中的微孔在增大界面连接面积的同时，降低了界面的平均应力水平。尽管不能完全达到牙周膜支持牙齿、传递、吸收和分散𬌗力的特殊功能，但在咀嚼运动或其他颌面运动中，并且与肌肉、颞颌关节协调方面，种植牙仍是最为理想的人工牙选择。

第四节 人工种植牙系统设计的生物力学

一、人工种植牙的基本结构

人工种植牙的基本结构包括：植人体（fixture）、基台（abutment）、基台螺钉（abutment screw）、修复体底冠（coping）或支架（framework）。

各结构之间存在着六个界面结合区：即基台螺钉-种植体界面；基台螺钉-基台界面；基台螺钉-修复体固位螺钉界面；基台-种植体界面；修复体底冠-基台界面；修复体底冠-修复体固位螺钉界面。这六个结合面形成了种植系统的机械整合（mechanical integration）。

人工种植牙的功能恢复，依赖于种植体-骨组织的整合，即骨整合界面；还依赖于种植系统自身的机械整合。机械整合对种植体的稳定，咬合力传导及对修复体的成功均有重要意义。

植人体、基台、基台螺钉一般采用商业纯钛或钛合金制成。修复体底冠可采用钛金属、镍铬合金制成烤瓷熔附金属冠，也可在金属底冠的表面采用树脂修复牙冠解剖及美观外形。种植体上部支架多采用钴铬合金制作，以保证其连接体的强度及良好的力传导性能。

二、人工种植牙设计的力学原则

人工种植牙取代缺失天然牙，与传统的义齿修复有着不完全相同的生物学基础。因此，在种植体的形态结构设计，材料选择以及治疗计划上均有其特殊性。种植牙是咀嚼系统中的一个功能单位，探索、获得力学相容性良好的种植系统是种植体设计的基本出发点。

目前牙种植体几大系统均是以商业纯钛或钛合金为主体。尽管表面外形、化学结构采用了不同改进，但仍是以增大接触面积，提高机械锁结力为主，形成组织与种植体相互锁结的复合体。

植入体、基台、基台螺钉和修复体是传导殆力的主要结构。据文献报道，临床上发生基台折断的主要原因有四个方面：

1. 基台就位不准确　植入体与基台的密合性是机械整合的关键，要求精度极高，并受操作者技术水平的影响。

2. 上部结构与基台结合面之间不密合　由于上部结构的形态、位置变化复杂，个体间差异极大，常规的配套产品通常需进行适当调制、调整，导致与基台的结合面不密合。

3. 由于设计不良而产生过大的扭力和杠杆力。牙颌系统是复杂的、有多种功能单位（牙、肌肉、关节等）组成。植入体放置的位置、方向布局、修复体的大小、长短，均可能产生超过生理承受力的扭力和杠杆力。

4. 有不良咬合习惯如夜磨牙、紧咬牙及不良唇、舌习惯等产生非功能咬合，种植体负荷过大致基台折断。

除上述四方面在种植体设计，植入操作需引起重视外，各界面固位螺钉也是机械整合系统中最薄弱的环节，易发生松动，导致应力传导异常。螺钉松动的原因有：①螺钉预负荷后的紧张度偏大。②螺钉材料的物理性能不匹配。③螺钉发生下沉：由于材料物理性能及承载的影响。④形态设计不妥。⑤修复体承担过大负荷；尤其是水平力影响。⑥各连线部分的适应性不良。

从上述原因分析可见，人工牙种植系统中固位螺钉和基台设计是设计的关键。

研究表明，种植体周围的应力值随基台不同角度（直基台、15°、20°弯角基台）而显著提高，一般基台角度不宜超过20°。同时，基台高度应不低于1.2mm，才能有效对抗旋转扭力，避免应力集中导致骨吸收。咀嚼运动产生负荷的大小、方向与种植义齿的使用寿命及其机械并发症有关，上部结构设计直接影响下部种植体界面结构的稳定。

骨组织是一种有生命的复合材料，含有大量骨胶原纤维与羟磷灰石晶体，骨质密度随功能需求呈梯度状，保证了良好的力传导、分散。种植体植人及修复设计与界面的骨传导效应有密切的关系。如在种植体植入早期即出现松动，常常是由于感染、手术操作不当、植入区骨质量不足或种植体与种植窝不匹配所致。骨整合界面形成后继而出现松动，常常是由于施加载荷过大或非轴向合力超出承载范围，出现应力集中，骨组织吸收所致。

人工种植牙系统的每个治疗环节均可影响种植义齿修复的效果及植入体的存留期限，选择优良力学性能的材料、种植体的设计和合理植入区域，是种植成功的保证。

第五节　人工种植牙上部结构的力学分析

一、上部结构

（一）人工种植牙上部结构由义齿和连结装置组成，义齿包括：

1. 种植单冠、联冠修复；
2. 种植固定桥修复（包括联合天然牙的复合固定桥）；
3. 覆盖可摘局部义齿修复；
4. 覆盖全口义齿修复。

（二）上部结构与种植基台（基桩）的连接方式

1. 可拆卸式固位，依靠螺钉、栓道；
2. 依靠一定固位形及粘固剂固位连接；
3. 采用球形、弹性卡装置或磁性固位体连接，主要用于全口覆盖义齿。

上部结构与基台之间的连接方式，主要取决于基台的固位形。由于种植牙与天然牙的力学传导结构存在着本质上的差别：前者为骨整合界面，后者为牙周膜结构，目前对两者是否联合成复合修复（种植牙+天然牙）还是单独修复，仍存有争议。

二、上部结构的力学分析

上部结构承受载荷受修复体几何形状以及植入体位置、方向的影响，并与修复体就位准确性与否密切相关。

影响上部结构应力分布因素：

1. 修复体与基台的密合度欠佳：种植系统中产生机械破坏，如基台松动、折断。

2. 植入体在牙弓上的位置布局和方向影响种植系统对侧向力的承受力和敏感度，跨过牙弓中线呈平面分布者较直线分布者大。在进行全口失牙种植义齿修复时，如植入体分布跨过牙弓，则具有稳

定性，可抵御侧向力。如呈直线状放置，在受到水平侧向力时，可发生倾斜、弯曲变形，对植入体周骨组织产生压力，致骨吸收。

3. 种植体上部结构的就位不准确，基台与修复体间间隙过大，则界面间的摩擦力减小，甚至消失，产生侧向剪切力，引起固位螺钉折断。当支架无被动适应性时，支架的内应力释放于种植体及周围组织中，应力是持续的水平向的作用力，最终致种植体——骨界面结合丧失，种植体松动失败。

4. 种植体基台相连的修复体，应尽量将咬合功能牙尖、窝接近或平行于种植体，与对殆牙多点接触，使呈轴向载荷。修复体牙尖不宜过高，并适当减小颊舌径使殆力适度，呈轴向传导。上下颌牙接触关系应以相互保护性咬合为宜，减少或消除侧方压力。

5. 固位螺钉固定、传导殆力，通过调整螺钉的预负荷值，使屈应强度达 80%上，减少螺钉的松动，并可使种植体间有一定的独立性，减少种植体松动失败的发生率。目前使用的固位螺钉及内六边形螺母使基台与种植体间发生旋转移位的几率降低。

可摘式种植义齿即种植覆盖义齿，一般采用球状体嵌合固位，起到一定应力中断的作用。覆盖式种植义齿，附着体的阳性部分应彼此平行，保证力的均匀传导与分散。附着体的阴阳结构也须接触均匀，避免应力集中。

综上所述，口腔种植体上部结构的应力多种因素的影响，只有采用具备优良力学性能的材料，进行周密的上部结构的设计和精湛加工，才可获取近似天然牙功能的人工种植牙。

（宫 苹）

第十章　牙周病矫治的生物力学

正常情况下，牙齿是稳固的，牙齿有牙槽骨的支持和牙周膜的固位。当牙周组织发生病变，病变发展到一定程度，牙齿出现松动。牙齿松动，主要是由于牙槽骨吸收，牙周膜丧失。可通过牙周病矫治，防止松牙继续松动。

第一节　松牙的应力状况

一、牙齿松动时牙周组织的改变

牙周组织由牙龈、牙周膜、牙槽骨、牙骨质组成。正常的牙周组织，牙槽骨顶部在牙齿的颈部，即位于牙釉质与牙骨质交界处，牙周膜、牙槽骨组织结构正常，行使着正常的生理功能。当牙龈炎症扩散进入牙周膜时，牙槽骨吸收，牙龈退缩，可出现牙齿松动。

（一）牙周膜的改变

牙周膜随着牙齿的发育、牙齿的功能以及病理改变而改变。牙周膜可以萎缩、肥大，在某些情况下，牙周膜可被其他组织代替，牙骨质、牙槽骨吸收。牙周膜的功能是将牙齿固定在牙槽骨组织中，一旦牙周膜损伤，则牙齿便产生松动移位。常见的牙周病有牙周炎、牙周变性及牙周创伤。

（二）牙槽骨的改变

牙周病均可造成牙槽骨的吸收，牙槽骨不同程度的吸收，均可引起牙齿不同程度的松动。

在临床上最常见的是牙周创伤及牙周变性。患牙周创伤时，常出现牙槽骨和牙齿根面吸收。在受压力侧，牙槽骨的硬板产生吸收，而吸收方向顺着牙根向根尖发展。X线片上见一侧牙槽骨吸收，同时患牙有较深的牙周袋。牙周变性则可见牙槽骨出现广泛性、弥漫性吸收，吸收首先发生于牙槽骨的深部。

牙槽骨除吸收外，还发生结构的改变，如硬板变薄，骨缘模糊，牙周膜增厚，为初期病变。再发展出现骨小梁排列紊乱，呈疏松状。

二、松牙的应力

牙齿产生松动，主要是由于牙周膜和牙槽骨受到破坏或损伤。牙齿的松动度不一定与牙周组织的破坏程度一致，受很多因素的影响。牙齿松动后，牙齿承受𬌗力的方向发生改变，因而松牙的牙周组织内产生的应力与正常牙齿也有明显差异，为了采取适当的措施，对松牙加以保护，防止其继续破坏，尚须对其受力状况和应力分布进行分析。

（一）牙移动的支点

正常牙齿受到垂直向𬌗力时，牙齿的移动是顺着力的方向垂直向下，牙齿的牙根被压入牙槽窝内。当牙齿受到与牙齿长轴成一定角度的外力时，如侧向力，则牙齿产生倾斜或旋转移位。这时牙齿的支点（转动中心）在何处？Robert 曾用组织切片证实牙齿的支点在根颈 2/3 与根尖 1/3 交界处。Case 的物理实验结果认为牙移动支点在根的中点以下。周书敏等对牙齿转动中心位置研究结果认为支点在牙根的中央与近根尖 1/3 之间。并指出转动中心位置随牙冠上着力点部位的不同而改变。故牙齿移动的支点不是恒定不变的。牙根形态、数目，牙齿的冠、根比例与牙齿的移动支点有密切关系。当牙槽骨吸收，牙齿的支点向根尖方向移位。

（二）松牙的应力

1. 牙齿的动度　正常的牙齿有生理性动度，但这种动度是肉眼看不见，只有用仪器才能测得。正常的牙齿，受外力作用后，产生移动，外力去除后 2 秒钟则动度消失。外力施于牙齿的切端，其动度大于施于颈部。牙周组织出现病变后，则用器械检查患牙时，发现有松动度。一般认为牙齿动度大，则牙槽骨吸收多，且牙齿的动度与患牙牙根的长度有关，根长者动度小，根短者动度大。Lindhe 将牙齿的动度分为三个等级，当牙齿水平向移位 0.2～1.0mm 时，为一度松动，动度轻微，为颊舌向移动；当牙齿水平向移动 1～2mm 时，牙齿有颊舌向和近远中向移动，则为二度松动，此时，牙齿

虽有明显的动度，但不能在牙槽窝中压下及转动；当牙齿水平向移动在 2mm 以上，牙齿可压入牙槽窝中或转动，并有垂直向移位者，为三度松动。在临床上采用松牙移动的方向来确定动度。

2. 松牙的应力 人们的咀嚼运动是多方向的复杂的运动。在咀嚼过程中牙周组织要承受各个方向的外力，而这些外力的大小、方向均有一定规律性。

当患牙周病时，牙槽骨因吸收而丧失，骨质的形成减少，导致牙槽骨高度降低，牙齿出现松动。

当牙槽骨高度降低时，牙周支持组织的应力分布情况发生改变，牙齿在承受𬌗力时，是非轴向的力，松牙上受的是扭力，更加重牙周支持组织的破坏。Wright 等的研究结果指出，牙槽骨高度降低时，在牙齿的同一部位上施加外力，牙周膜的应力逐渐增大。当施以非轴向力时，牙周膜、牙槽骨的应力增加得更明显。

Sulik 等的光弹实验发现，牙齿支持组织丧失 20%时，牙周膜上产生明显的应力集中。周书敏等用有限元法对下颌磨牙不同高度牙周支持组织的应力进行分析，表明：牙槽骨高度减低 1/3 时，该牙牙周膜和牙槽骨上应力值较正常牙的牙周组织的应力明显增大，当高度减低 2/3 时，上述变化更显著。根尖部的应力值更大，超过正常值的数十倍。牙周支持组织的应力急速增大，加速牙周组织的破坏，形成恶性循环，使牙松动度增加，最后被拔除或自行脱落。

第二节 牙周病矫治的力学

一、牙周组织对力的反应

牙冠上承受外力时，力是通过牙冠传至牙根，然后传到牙周膜、牙槽骨和颌骨而得到分散。外力的大小应控制在牙周组织能承受的范围之内，即生理范围之内。若外力超过生理范围，则将使牙周组织损伤或破坏。

（一）正常牙周组织对力的反应

牙周组织对力的反应非常敏锐，咬合异常或创伤会引起牙周病的发生。

在日常咀嚼食物时，要进行切割、撕裂、研磨达到将食物研碎，然后吞下，在作这些运动时，下颌必须作上下、左右、前后等各个方向有规律的咀嚼运动。在这种运动过程中，参与咀嚼切割的牙齿，都要受到轴向力或水平向力。当牙齿受到轴向力时，这种力是由牙齿的𬌗面施向牙根方向的，与牙齿长轴方向一致的，而又垂直于牙齿𬌗面，故又称垂直向力。此时，牙齿的大部分牙周膜纤维因受到拉力或牵引力而紧张，共同来分担该牙承受的力量，故可承受较大的𬌗力。当牙齿受到水平向𬌗力时，牙齿产生倾斜移动，牙周膜纤维一侧受牵引、另一侧受压迫。当力量超过其生理耐受力时，牙周组织出现病理损害。所以牙周组织对垂直向和水平向𬌗力的反应是完全不同。

在人们咀嚼食物时，牙周组织承受的是间歇性的垂直向力，对牙周组织的血循环有利，有促进牙周组织健康的作用。有利于牙周组织的新陈代谢和牙槽骨的骨组织的重建。

Messeman 曾作实验研究，在牙齿上施以水平向力时，当力量加至 93.50N，牙齿产生移位，当施以垂直力时，力量加至 5787.88N，牙齿才产生移位。因此，水平向力与垂直向力的比为 1∶62。周书敏等研究结果为二者之比是 1∶3.49。唐亮、赵云凤（1993）三维有限元桥基牙牙周膜应力分析结果指出：水平向与垂直向耐受值之比为 1∶4。垂直向的受载牙周膜应力集中在根尖及牙颈部

总之说明牙周组织可承受较大的垂直向力，只能承受较小的水平向力。

（二）单根牙和多根牙牙周组织对水平向力的反应

在人们的口腔中有几十颗牙齿，牙齿的形态和功能是不相同的，牙根的形态和数量也不相同，有单根和多根牙。多根牙为 2～3 个牙根。牙齿受到侧向力时，因牙根数目的不同，各牙移动的支点也不一样，在牙受到侧向力时在支点处的动度最小。牙齿受水平向（侧向）力时产生倾斜移位。当单根牙受侧向力时，一部分牙周纤维受过大的拉力，另一侧牙周纤维受压迫，受压侧产生骨质吸收，受拉力侧产生骨质增生。故牙齿向着受力（或施力）方向倾斜移位。当牙齿已倾斜时，在其上施以轴向力，而实际上也是倾斜的力，促使牙齿松动、移位，甚至脱落。

当多根牙受到水平向力时，如下颌磨牙受近中方向的力时，则磨牙向远中移位，该牙移动的支点

位于两根之间的根分叉下的牙槽骨中隔内，施力侧的牙根向殆方升起，而另一侧的牙根被压向牙槽窝。此时，牙根的大部分纤维受到牵拉力，所以多根牙不易倾斜移位，对水平向力的耐受性大于单根牙。因此，可以将多数单根牙联合固定起来，形成多根牙，就可以使牙根大部分牙周纤维受拉力，而有利于对抗侧向力。

二、松牙的固定

现代人类的平均寿命有所延长，而牙齿的平均寿命几乎没有增加，因此老年人患牙周病者多，失牙者多。牙周病患者，因牙槽骨吸收，使牙齿的冠根比例发生改变，轻度和中度的牙周病患者，牙齿的冠根比例发生改变，即牙冠变长，而牙根变短，对牙周病无明显影响。重度牙周病患者，牙齿的冠根比例增大，冠长根短，对牙周组织产生不良影响，常造成患牙松动或脱落。

（一）松牙的冠根比例的改变

牙齿的牙冠和牙根比例发生改变后，牙齿的冠根比例由正常的2:3，变成1:1，或2:1，或者相差更大。因此，牙根包埋在牙槽骨内的部分减少，牙齿受力时的支点向根尖方向移动。一般认为理想的冠根比为1:2，即冠短根长、根为冠的2倍。

朱希涛等（1986）光弹实验研究认为当牙槽骨吸收时，如牙槽骨高度降低为正常牙槽骨高度的1/2时，该牙牙周支持组织的应力值较正常者明显增加，应力值与牙槽骨高度成反变关系，即牙槽骨高度愈低，其应力值愈大。这主要是由于牙齿行使功能时的咀嚼压力由支持牙根的少量牙槽骨负担，故应力值高。这种状况时间长了，很容易造成牙周组织的病理损害，并形成恶性循环。

（二）松牙的固定

牙齿行使咀嚼功能时，由于咀嚼运动是多方向的，因而牙齿和牙周组织要承受来自各方向的殆力。殆力是多方向的，松牙的运动也是多方向的。Glickman提出殆力是肌肉组织在咀嚼、吞咽和语言时产生的力量，这种力量经过牙齿传导到牙周组织。

松牙固定即牙周病的矫治，主要是利用夹板将松牙固定起来、进行调殆，重新调整殆力的方向，建立无障碍性的功能殆接触，改善牙周组织的应力分布，从而消除有害的刺激，使牙周组织获得恢复。松牙固定从力学观点来说包括以下几方面：

1. 改变松牙的冠根比例　采用夹板和其他方法改善患牙的冠根比例。例如可将过长的牙冠调磨使之变短。也可进行患牙根管治疗后，将冠磨短。也可将金属针植入根管内或颌骨内使根变长。但最常用的，比较简便的方法是用固定器（夹板），把松牙牙冠面定起来，以改善其冠根比例。这样改善了牙齿承受殆力时的支点位置，使牙齿受力时的支点向牙颈方向移动，增加牙齿的抗力，有利于牙周组织的支持作用。同时松牙稳定在夹板内，可以明显减小其所受的来自各个方向的侧向外力，起到保护牙周支持组织的作用。

2. 分散殆力　根据Glickman的动物实验研究证实，当夹板内的某个牙齿承受过大的殆力时，则夹板内其余的牙齿可以分担该牙上承受的压力。例如当下颌第二磨牙受到外力时，包括在夹板内的牙齿均可出现应力，因面说明夹板将松牙固定后，可以分散每个牙齿上承受的殆力，使殆力分散到邻牙的牙周膜和牙槽骨上，以减小单位牙周膜面积上的咬合压力。

3. 减小侧向外力对牙周组织的损害　口腔牙齿在行使功能时，牙齿承受的殆力，不仅有轴向力，还有侧向力（或水平向）。间歇的轴向力对牙周组织是有利的，是一种正常的生理性刺激，可促进牙周组织血液循环和代谢功能。松牙用夹板固定起来，可防止侧向力对松牙牙周组织的损害。周书敏对牙周夹板生物力学的研究指出：当采用可摘翼状钩夹板固定松牙时，则牙周膜的侧向耐受值明显提高，可提高35%～75%，而轴向耐受力无明显改变，说明夹板有减小侧向力的作用。

第三节　牙周病矫治器的设计

牙周病矫治主要是采用矫治器（夹板，splint）将松牙固定起来，起到矫治作用。

一、矫治的原则

患牙周病后，因松牙的数目、松牙在牙弓上的分布及松牙的牙周损害程度和病理改变的不同，必须遵循一定的原则进行矫治，方能收到良好的疗效。

牙周病在矫治之前，必须进行一般的牙周治

疗，如洁治、刮治、药物、手术等治疗，控制炎症。

牙齿松动在三度以上，牙槽骨吸收达根长的3/4以上，甚至达到根尖者，并造成严重创伤殆时，则应拔除。

松动牙伴有较深的牙周袋，且牙槽骨吸收到根分叉以下的多根牙，或根尖无骨质包绕的单根牙，应将其拔除，否则戴夹板后，这些牙齿经常发生疼痛不适，影响矫治效果。

为了使夹板在牙弓上容易就位，并起到良好的固定效果，应将严重错位牙，特别是错位于牙弓之外的牙或者是唇、颊、舌倾斜错位的牙拔除。

牙周病患者在矫治前，应进行细致的调殆，以消除创伤殆，建立平衡殆。若牙齿松动调殆时增加患者痛苦，可在戴上夹板后再调殆。夹板固定后，夹板内牙齿的位置可能有改变，也会出现创伤殆，此时也需调殆。

牙周病患者口内有牙缺失时，则可在作夹板时，同时修复失牙。若缺牙较多，余留牙少时，则可根据松牙及余留牙的部位分布，酌情处理，若余留牙集中于一侧或牙弓前部，可用夹板固定。

二、矫治器的设计

牙周病矫治时，应根据各牙的牙周组织破坏程度，牙根埋入骨内的长度，以及有无缺牙，缺牙数目、部位、咬合关系，基牙情况，松牙的动度等，甚至于患者咀嚼习惯和全身健康情况，进行夹板设计。

（一）设计原则

1. 包括在夹板内的牙齿，咀嚼时承受的负荷，不能超过牙周组织的储备力。夹板内必须包含一定数量的稳固的或较稳固的牙齿，以发挥其储备力，代偿松牙的咀嚼压力。

2. 包括在夹板内牙齿的数目，应使上下牙齿承担的殆力接近平衡，不致于再造成对颌牙产生新的创伤，达到建立平衡殆的目的。

3. 夹板应与牙冠密切接触，戴上夹板后松牙应无动度。有利于殆力的传递和松牙保护，减轻牙周组织创伤，使夹板真正起到制动的作用。

4. 夹板的形状，最好设计成圆弧形。弧形夹板有利于力的传递，例如前牙弧形夹板，当上颌中切牙上受到殆力P时，则该牙承受的力仅为殆力P值的53%，因而弧形夹板减轻了夹板内牙齿的负荷。

5. 夹板本身应有一定的刚度，其刚度应接近牙齿，夹板的刚度大，则传力较均匀。夹板与各牙面越吻合，传力效果越好，更好的分散殆力，可更好地限制牙齿的多方向移位。

（二）对矫治器（夹板）的要求

1. 夹板的制作和使用均应简便，不增加患者更多的负担。

2. 夹板的固位力强，制动效果好，能抵抗各个方向的殆力，特别是唇舌向、颊舌向的殆力。

夹板要达到上述要求，夹板的唇丝或唇弓应位于牙冠中份，舌侧位于舌隆突之上，才能起到制动作用。若舌基托位于舌隆突以下的龈缘，则不但不能制动，反而会使前牙向舌侧移位。

3. 夹板应不刺激口腔软、硬组织，不伤牙体组织，以免患牙产生龋坏。

4. 夹板易保持清洁卫生，最好有自洁作用。

5. 夹板戴入患者口腔内，不应影响咀嚼功能和发音。

三、矫治的效果

根据国内牙周病的研究及临床治疗情况，特别是作者20余年的对牙周病矫治的体会和经验，认为牙周病是可以进行治疗的，经综合治疗，可取得较为满意的效果，但其首要条件是患者一定要有决心和治愈的信心，医师要有耐心，肯动脑筋想办法。作者从1970年以来，到1985年在临床上共治疗牙周病患者200余例，并进行追踪观察及治疗，甚至有少数患者1993年仍在进行治疗观察。经1～10年的追踪观察101例牙周病患者，就患者主观感觉和医师的客观检查、效果良好者44.3%，改善者43.5%，无效者12.2%，故治疗效果为87.8%。

为了解牙周病治疗后咀嚼功能的恢复情况，进行客观评价，对牙周病患者矫治前后进行咀嚼效率测定。结果显示咀嚼效率均有所提高，提高为20%～40%，有一例提高60.1%。

总之，说明牙周病的矫治效果是肯定的，有些患者经治疗后牙槽骨有明显好转、骨质变致密，牙齿变稳固（图12-10-1）。世界上的事物都是相对

的，牙齿的去留也如此，凡能够保留的牙齿就尽可能地保留，否则全口牙可在短期内拔除完。作者主张尽可能的保留牙周病的患牙，使其发挥一定的功能，治疗得当，尚可使其好转。

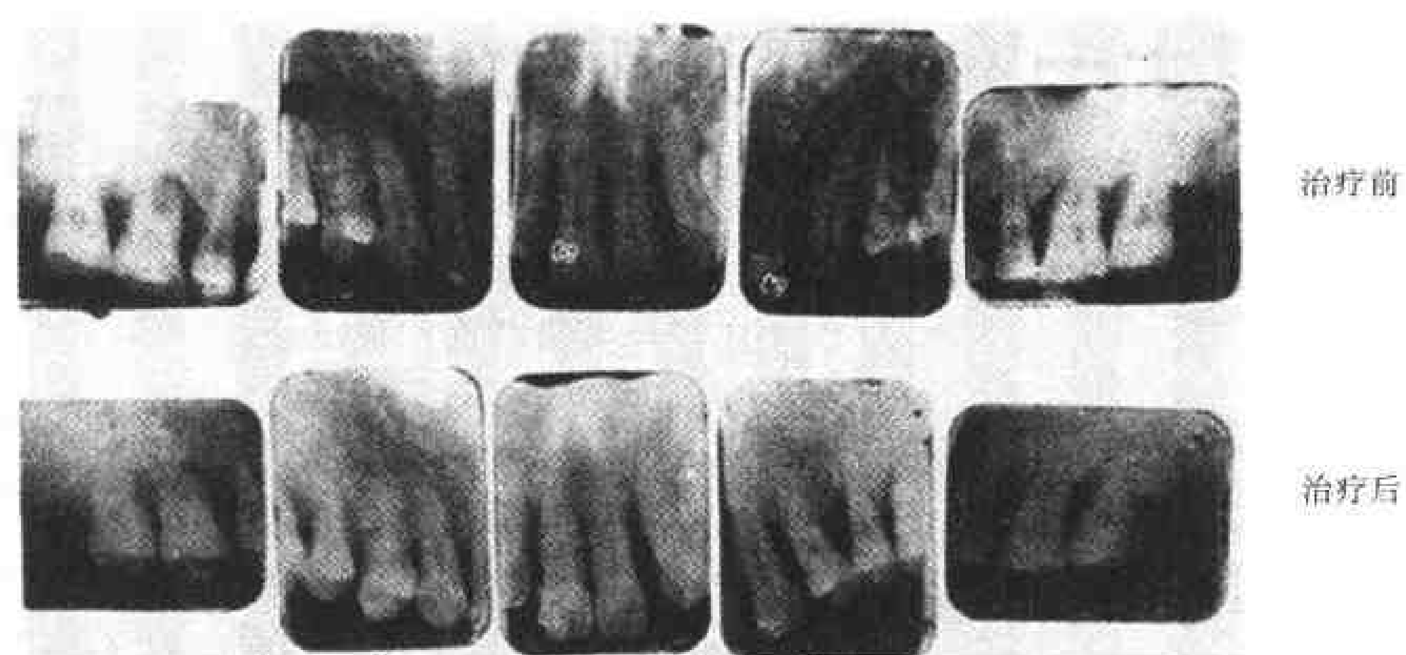


图 12-10-1　牙周病治疗前后情况

（赵云凤　李满园）

第十一章　实验应力分析

第一节　电阻应变测量

一、电阻应变片及其工作原理

（一）电阻应变片的组成

常用的电阻应变片（简称应变片）构造如图12-11-1所示，主要由金属丝敏感栅、基底和覆盖层、粘结剂及引线四个部分组成。

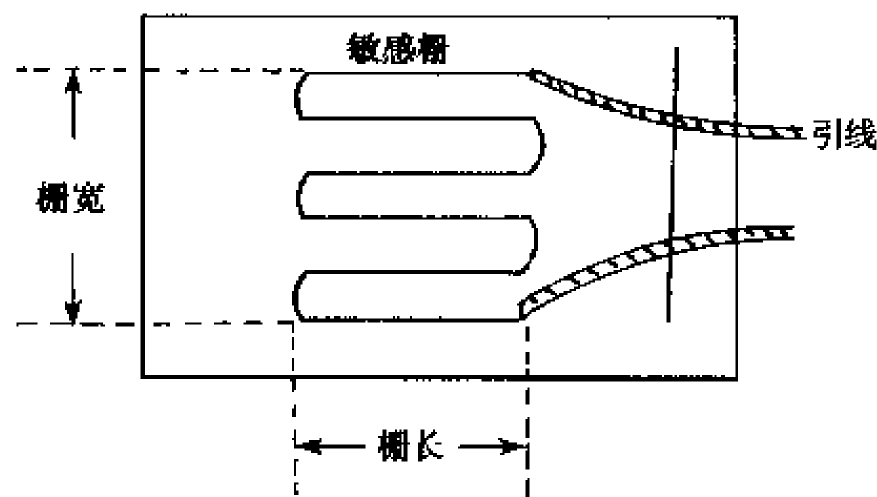


图 12-11-1　应变片构造示意图

1. 金属丝敏感栅是用具有一定电阻值的金属丝线制作而成。为了使应变片有足够的电阻值，把一定长度的金属丝做成栅状，常用的有康铜丝、镍铬丝、镍铬铝丝等，丝的直径为0.015～0.05mm，以0.025mm丝径常用。

2. 基底和覆盖层用来定位和保护金属丝。要求基底能保证金属丝和被测试件间的绝缘，有一定机械强度、热稳定性，易于粘贴。常用基底有纸基和塑料胶基。

3. 粘结剂是用来将金属丝固定在基底上的，要求粘结强度高，绝缘性好。

4. 引线作为测量敏感栅电阻值时与外部导线连接用。

（二）电阻应变片工作原理

将应变片面定在试件被测点上，当试件受载后产生应变时，应变中敏感栅随之发生相应的应变，由于金属丝在伸长或缩短时，其电阻值会相应变化、因此应变片便将试件的应变转化为电阻值的变化。

由物理学可知，金属丝的电阻值与其长度成正比，与其横截面积成反比：

$$R = \rho \frac{l}{F} \tag{1}$$

式中，R 表示金属丝的电阻值（Ω），ρ 表示金属丝的电阻系数（Ω·mm²/m），l 表示金属丝的长度（mm），F 表示金属丝的截面积（mm²）。

如把长为 l、电阻值为R的金属丝粘贴到某试件上，当试件受力变形时，金属丝由原长 l 变化到 $l+\Delta l$。金属丝电阻值由 R 变化到 $R+\Delta R$。实验证明在试件的弹性变化范围内，金属丝电阻的相对变化$\frac{\Delta R}{R}$和金属丝长度的相对变化$\frac{\Delta l}{l}$（即应变 ε）成正比，即：

$$\frac{\Delta R}{R} = K \cdot \frac{\Delta l}{l} = K_0 \varepsilon$$

亦即

$$\Delta R = K_0 \varepsilon R \tag{2}$$

式中，K_0 表示金属丝的灵敏系数。从式（2）可见，如已知金属丝灵敏系数 K_0 值，则试件的应变 ε，可根据金属丝的电阻值变化求得。由于应变片敏感栅随试件而变形，其圆弧 P 分的电阻变化值对纵轴方向应变 ε 有关，而且与其他方向应变有关。它直接影响应变片的电阻变化值对纵轴方向应变的敏感度，这种现象称为横向效应。因此应变片的灵敏系数与试件应变状态有关。为了有一个统一标准，将应变片的灵敏系数定义为：应变片安装在被测试件上，在应变片纵轴方向的单向应力作用下、应变片电阻的单位电阻变化与引起此变化的应变片纵轴方向应变的比值。

二、电阻应变仪

（一）测量电路

在电阻应变仪中一般用电桥将应变片的电阻变化转化为电压或电流的变化，如图12-11-2直流电桥（惠斯登电桥）所示，桥臂系由 R_1、R_2、R_3 和 R_4 四个电阻组成，A、C两端为电源端，其电

流电压为 U。B、D两端为输出端，其负载电阻为 Rg。

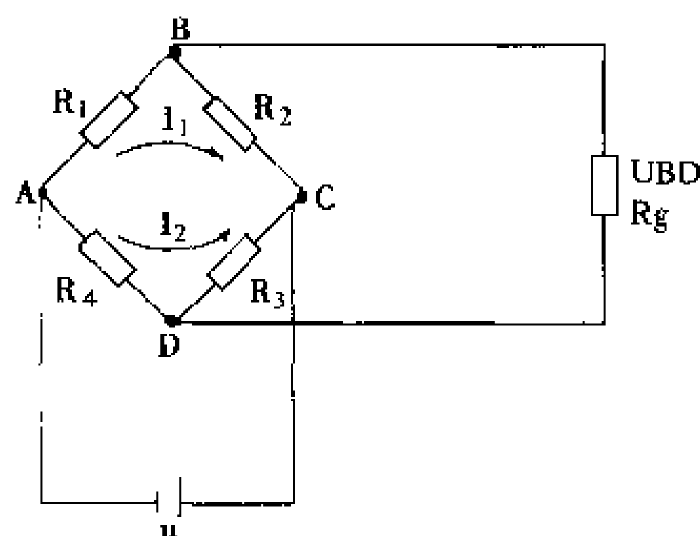


图 12-11-2 直流电桥

一般情况下，电桥输出端配有电阻应变仪高输入阻抗的放大器，其负载电阻可以为无限大，输出端处于开路状态，这种电桥称为电压路。根据电路计算，可得通过ABC的电流为：

$$I_1=\frac{U}{R+R_2}$$

通过ADC的电流为：

$$I_2=\frac{U}{R_3+R_4}$$

BD二点的电流差：

$$\begin{aligned}U_{BD}&=U_{BA}-U_{DA}\\&=I_1R_1-I_2R_3\\&=U\frac{R_1R_3-R_2R_4}{(R_1+R_2)(R_3+R_4)}\end{aligned}\quad(3)$$

如果 $R_1R_3=R_2R_4$，输出电压为零，称为电桥平衡。在测量前使 $R_1=R_2=R_3=R_4$，满足平衡条件，此时如各桥臂电阻产生一微小增量（分别为 ΔR_1、ΔR_2、ΔR_3、ΔR_4），则由（3）式计算中略去高阶微量，可得电桥输出电压为：

$$U_{BD}=\frac{U}{4}\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}-\frac{\Delta R_2}{R_2}-\frac{\Delta R_3}{R_3}-\frac{\Delta R_4}{R_4}\right)\quad(4)$$

若用四个应变片作桥臂（其初始电阻值满足平衡条件），等应变片的应变分别为 ε_1、ε_2、ε_3、ε_4 时，用（2）式代人上式得：

$$U_{BD}=\frac{UK}{4}(\varepsilon_1-\varepsilon_2+\varepsilon_3-\varepsilon_4)\quad(5)$$

由上式可见，电桥可将应变片的应变转化为电压增量。其输出电压与各桥臂上应变片的应变代数和成正比。如果电桥有一个桥臂为应变片（如 R_1 桥臂），其他桥臂为固定电阻，高应变片受有应变 ε_1 时，则可得：

$$U_{BD}=\frac{U}{4}K\varepsilon_1$$

测定 U_{BD}值后，便可求出 ε_1 值。

另外，在测量环境温度变化时，由于敏感栅的电阻温度效应及其与试件的线膨胀不同，均会使其电阻值发生变化，为测得试件真实应变必须消除这一影响。为此取一片与工作应变片同样性能的应变片，粘贴在与试件材料相同不受力试件（补偿块）上，使它具有与试件相同温度此应变片称为温度补偿片。测量时如工作应变片接在AB上，补偿片接在BC上，其他两桥臂接固定电阻，利用电桥特性从式（5）可看出，由于温度变化而产生电阻的变化被消除了。

利用电桥特性，还可以根据试件各种不同受力状态，采用合理的接桥方式，可以增加电桥的灵敏度，消除一些不需要测量的应变值。

（二）电阻应变仪的工作原理

在应变测量时，应变片的电阻变化十分微小，因此电桥输出电量很小，需用放大器进行放大，现在一般电阻应变仪采用交流供桥，载波放大形式、图 12-11-3 所示为其原理方框图。

由载波振荡器供给电桥一定频率和振幅的交流电，通过交流电桥对应变信号进行调制后，输出一调幅波，送至高增益线性放大器放大，再经相敏检波器分出信号的正负，相敏检波器的参考电压由振荡器供给，低通滤波器可将检波后波形高频载波滤去，最后将经过放大的应变信号送至记录器进行记录。

（三）电阻应变仪的种类

1. 静态电阻应变仪　仅用于静态应变测量配用相应的多点平衡预调装置,能进行手动平衡和转换的多点静态应变测量。国内现有的静态电阻应变仪型号有 YJ-5、YJB-1、YJD-16 等。

2. 静动态电阻应变仪　用于静态应变及应变频率在 200Hz 以下动态应变测量。国内现有 YJD-1 等。

3. 动态电阻应变仪，用于应变变化频率在 5000Hz 以下的动态应变测量，国内现有动态应变仪型号有 Y6D-2、Y6D-3、Y8DB-1 等。

4. 超动态电阻应变仪　用于应变变化频率高达几千至几兆赫的动态应变测量。国内现有的超动态电阻应变仪的型号有 YSG-9 型。

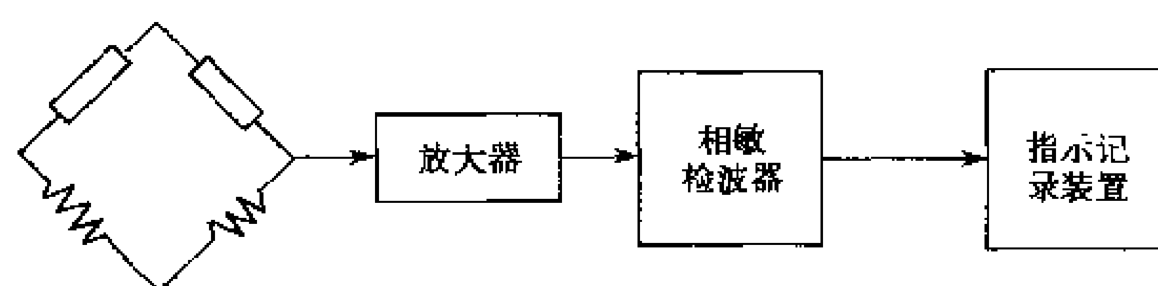


图 12-11-3 电阻应变仪原理方框图

三、记 录 器

应变测量常用记录器有以下几种。

1. 描笔式记录器 用于100Hz以下动态应变测量。

2. 光线示波器 用于记录5000Hz频率以下的动态应变。

3. 磁带记录器 直接记录方式可记录频率高达2MHz的动态应变（调频记录方式可达400kHz）。

4. 电子示波器 可用于记录频率数十兆赫的动态应变。

附实验1 电阻应变片的粘贴技术

（一）实验目的

1. 初步掌握常温用电阻应变片的粘贴技术。

2. 为后续电阻应变测量的实验做好在试件上粘贴应变片、接线、防潮、检查等准备工作。

（二）实验设备和器材

1. 常温用电阻应变片，每小组一包约20枚。

2. 四位电桥（测量应变片电阻值用）。

3. 502或501粘结剂（氰基丙烯酸酯粘结剂）。

4. 25W电烙铁、镊子等工具。

5. 等强度梁试件、温度补偿块。

6. 丙酮等清洗器材，防潮用石蜡。

7. 测量导线若干。

8. 100伏兆欧表（测绝缘电阻用）。

9. 万用表。

（三）实验方法和步骤

1. 用四位电桥测量各应变片电阻值，选择电阻值差在±0.5Ω内的14～15枚应变片供粘贴用。

2. 将新购买或经冰箱保存的性能有效的502或501粘结剂、瓶口打一小细孔，以便只流出少量胶液。

3. 先将试件待贴位置用细砂纸打成45°交叉纹，并用丙酮蘸棉球将贴片位置及附近擦洗干净直到棉球洁白为止，按图12-11-4所示布片图用钢笔画方向线。

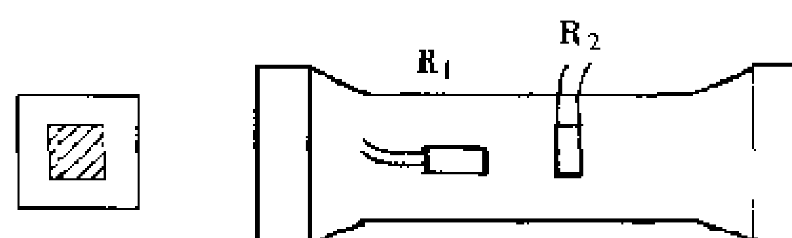


图 12-11-4 应变片贴片示意图

4. 一手捏住应变片引出线，一手拿502粘结剂瓶，将瓶口向下在应变片基底底面上涂抹一层粘结剂、涂粘结剂后立即将应变片底面向下平放在试件贴片部位上，并使应变片基准对准方向线，将一小片聚四氟乙烯薄膜（0.05～0.1mm厚）盖在应变片上，用手指按应变片挤出多余粘结剂（注意按住时不要使应变片移动），手指保持不动约1分钟后再放开，轻轻掀开薄膜，检查有无气泡、翘曲、脱胶等现象，否则需重贴。注意粘结剂不要用得过多或过少，过多则胶层太厚影响应变片性能，过少则粘结不牢不能准确传递应变。可事先用废片试贴练习，掌握时间和用力。如用力过大，胶几乎全部被挤出，粘结不牢，甚至压坏应变片敏感栅。此外，注意不要被502胶粘住手指或皮肤，如被粘上可用丙酮泡洗掉。502粘结剂有刺激性气味，不宜多吸入，切不要滴及眼睛。

5. 每个小组在补偿块上粘贴4片，在板状试件上粘贴4片，共8片应变片。

6. 用万用表检查应变片是否通路，如属敏感栅断开则需重贴，如属焊点与引出线脱开尚可补焊，将引出线与试件轻轻脱离。

7. 将测量导线用胶布固定在板状试件上，使导线一端与应变片引出线靠近，并事先将导线塑料皮剥去约3mm和涂上焊锡。然后用电烙铁将应变片引出线与测量导线锡焊，焊点要求光滑小巧，防止虚焊，再用万用表检查应变片是否通路。要求应变片粘贴前后阻值变化不大于

1%，其引出线和试件之间的绝缘电阻大于200兆欧为好。将导线编号，画布片和编号图。导线应布置整齐。

8. 用烙铁熔化石蜡覆盖应变片区域，作防潮层，再检查通路和绝缘，将试件和补偿块收存好。

9. 如果用其他粘结剂粘贴应变片剂粘贴工艺不同，应按具体情况改变。

（四）实验报告要求

1. 简述贴片、接线、检查等主要步骤。

2. 画布片和编号图。

附实验2　电测法测量弹性模量 E 和泊松比 μ

（一）实验目的

1. 测定弹性模量 E 及泊松比 μ。

2. 掌握电测应力的测试方法。

（二）实验要求

测试方法：

1. 练习电测法中的温度补偿方法。

2. 练习电测法中的半桥联接的测试方法。

3. 练习多点应变的测量方法。

操作技能：

1. 掌握电测系统的电路联接、平衡调试和测读。

2. 练习电阻应变仪与预调平衡箱的联合使用。

（三）实验原理

根据拉伸时的虎克定律，在比例极限内，材料的应力与应变之比是常量，即为该材料的抗拉弹性模量 E。其数学表达式为：

$$E=\frac{\sigma}{\varepsilon} \tag{6}$$

任何材料在轴向拉伸时，沿轴向伸长，而横向略有收缩。在比例极限内，它的横向应变 ε_2 与轴向应变 ε_1 之比是个常量，即

$$\left|\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right|=\mu \tag{7}$$

比值 μ 就称为泊松比。

如图12-11-4所示，在矩形截面拉伸试件的面上，沿轴线方向布贴平行和垂直的两个测量应变片 R_1、R_2，以及另一补偿块上的补偿应变片 Rt_1、Rt_2。按半桥联接，接入预调平衡箱，由切换开关，进行逐点测试。当试验机向试件逐级施加等值增量载荷 P_0、P_1 …… P_n，其前向两次载荷的差值，就得到一系列等精度的载荷值 $\Delta P=P_i-P_{i-1}$，除以试件原面积 A_0，便得到试件的应力增值 $\Delta\sigma=\dfrac{\Delta P}{A_0}$。与逐级加载的同时，用电测法逐级测读相应的应变量 εd_0、εd_1……εd_n，其差值为一系列对应的应变增量 $(\Delta\varepsilon ds)_i=\varepsilon d_i-\varepsilon d_{(i-1)}$，用逐差法计算出试件的平均应变增值 $\Delta\varepsilon d_s$，那么

$$E=\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon d_s} \tag{8}$$

$$\mu=\left|\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right|=\frac{\varepsilon d_2}{\varepsilon d_1} \tag{9}$$

（四）装置与设备

1. 拉伸试验机一台。

2. 静态电阻应变仪一台。

3. 预调平衡箱一台。

4. 贴有纵、横向应变片的拉伸试件。

5. 配置与试件相同材料、尺寸和贴片的补偿块。

（五）实验步骤与数据记录

1. 预加载，消除间隙。

2. 分级加载，记录不同时间应变。

3. 计算 $\Delta\sigma$。

4. 计算 $\Delta\epsilon$。

5. 计算 E。

6. 计算 μ。

第二节　光弹性法

光弹性法（photo-elastic method）是一种光学的应力测量方法。它是采用具有双折射性能的透明材料作成与实际构件形状相似的模型，并在其上施加与实际构件载荷相似的外力，置于偏振光场中，由于偏振光的干涉，形成明暗相间的条纹，这些条纹指示了模型内部各点的应力情况，可用来确定模型各点的应力，再根据模型相似理论，换算成实际构件中的应力，其精度能满足设计要求。

光弹性法是全域性的实验方法，直观性强；能有效和准确地确定结构的应力集中；从强度观点寻求结构合理的几何形状比较迅速、经济；可用来确定结构表面和内部各点的应力，不仅能用于平面问

题的应力分析，而且能用于三维问题以及动应力、热应力和塑性变形等的研究。在许多领域都有较广泛的应用。

光弹性法所使用的仪器为光弹性仪，一般由光源（包括单色光源和白光光源）、一对偏振镜、一对1/4波片以及透镜和屏幕等组成，其装置简图如图12-11-5。

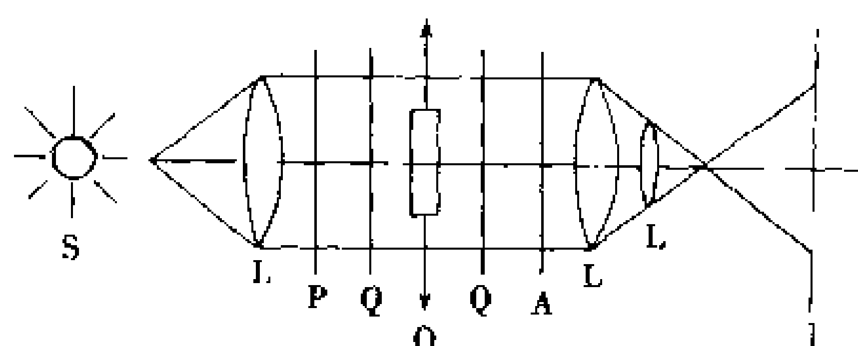


图12-11-5 光弹性仪装置简图
S. 光源；L. 透镜；P. 起偏镜；Q. 1/4波片；
A. 检偏镜；O. 试件；I. 屏幕

光弹性实验中最基本的装置是平面偏振光装置（图12-11-6），它主要由光源和一对偏振镜组成，靠近光源的一块称为起偏镜，另一块称为检偏镜。当两偏振镜轴正交时形成暗场，通常调整一偏振镜轴为竖直方向，另一为水平方向。当两偏振镜轴互相平行时，则呈亮场。

在正交平面偏振光场中，由双折射材料制成的模型受力后，则使入射到模型的平面偏振光分解为沿各点主应力方向振动的两列平面偏振光，且其传播速度不同，通过模型后，产生光程差 Δ，此光程差与模型的厚度 h 及主应力差（$\sigma_1-\sigma_2$）成正比，即

$$\Delta = Ch\ (\sigma_1 - \sigma_2) \tag{10}$$

其中 C 为比例系数，此式称为平面应力光学定律。

当光程差为光波波长 λ 的整数倍时，即

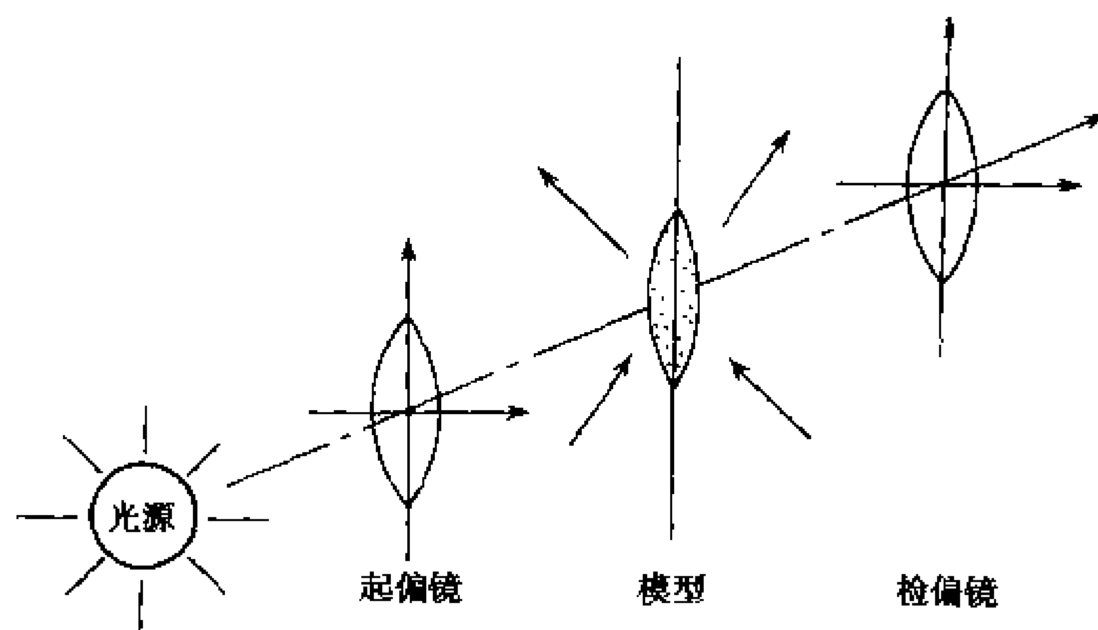


图12-11-6 平面偏振光装置

$$\Delta = N\lambda \quad N = 0,\ 1,\ 2\cdots\cdots \tag{11}$$

产生消光干涉，呈现暗点，同时满足光程差为同一整数倍波长的诸点，形成黑线，称为等差线，由式（10）和式（11）可得到

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{Nf}{h} \tag{12}$$

其中 $f=\frac{\lambda}{C}$ 称为材料条纹值。由此可知，等差线上各点的主应力差相同，对应于不同的 N 值则有0级、1级、2级……等差线。

此外，在模型内凡主应力与偏振镜轴重合的点，亦形成一暗黑干涉条纹，称为等倾线，等倾线上各点的主应力方向相同，由等倾线可以确定各点的主应力方向。当二偏振镜轴分别为垂直水平放置时，对应的为零度等倾线，这表明等倾线上各点的主方向皆与基线（水平方向）成零度夹角，此时若再将偏振镜轴同步反时针方向旋转10°即得10°等倾线，其上各点主应力方向与基线夹角为10°，其他依次类推。

等差线和等倾线是光弹性法提供的两个必要的资料，据此可根据模型的受力特性计算其应力。

为了消除等倾线以便获得清晰的等差线图，在两偏振镜之间加入一对1/4波片，以形成正交圆偏振光场，各镜片的相对位置如图12-11-7所示。

一般观测等差线时，首先采用白光光源，此时等差线为彩色，故亦称为等色线，当 N=0 时呈现黑色，等差线的级数即可根据零级确定非零级条纹场为彩色，色序按黄红绿次序指示主应力差（σ_1—σ_2）的增加，并以红绿之间的深紫色交线为整数条

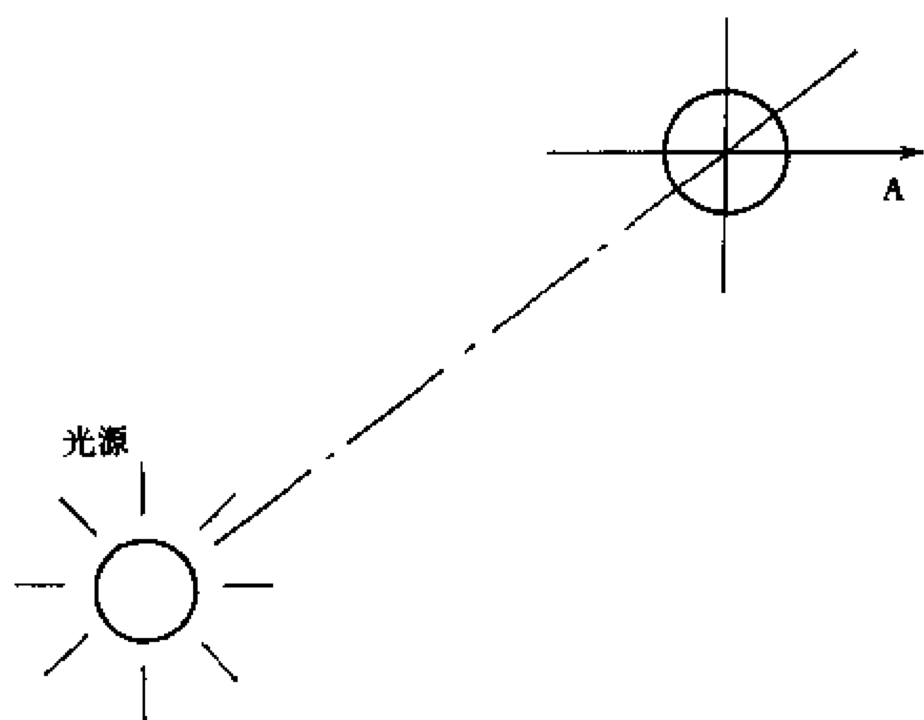


图 12-11-7　正交圆偏振光场布置简图

纹，在具体描绘等差线图时，可采用单色光源如钠光，以提高测量精度。

附实验 3　光弹性实验方法观察

（一）实验目的

1. 了解光弹性仪各部分的名称和作用，掌握光弹性仪的使用方法。

2. 观察光弹性模型受力后的偏振光场中的光学效应。

（二）实验设备与模型

1. 光弹性仪一台。

2. 光弹性模型数个——单端固定桥、两基牙双端固定桥、三基牙双端固定桥、梁等。

（三）实验步骤

1. 观看光弹性仪的各个部分，了解其名称和作用。

2. 取下光弹性仪的两块 1/4 波片，将二偏振镜轴正交放置，开启白光光源，然后单独施转检偏振镜，反复观察平面偏振光场光强度化情况，分析各光学元件的布置和作用，并正确布置出正交和平行两种平面偏振光场。

3. 调整加载杠杆，放入固定桥模型，使桥体骀面中央受压，逐级加载，观察等差线与等倾线的形成。同步施转两偏振镜轴，观察等倾线的变化及特点。

4. 在正交平面偏振场中加入两片 1/4 波片。先将一片 1/4 波片放入并转动之使成暗场，然后转 45°，再将另一 1/4 波片放入并转动使再成暗场即得双正交圆偏振光场。此时等倾线消除，在白光光源下，观察等差线条纹图，分析其特点。再单独旋转检偏镜 90°，则为平行圆偏振光场，观察等差线的变化情况。

5. 熄灭白光，开启单色光源，观察模型中的等差线图，比较两种光源下等差线的区别和特点。

6. 换上其他 1～2 个模型，重复步骤 3～5，观察在不同偏振光场和用不同光源的情况下，模型内等差线和等倾线的特点和变化规律。

7. 关闭光源，取下模型，清理仪器、模型及有关工具。

（四）实验报告要求

1. 绘出光弹性仪装置简图，简述各光学元件的作用。

2. 简要说明仪器调整过程，并绘出正交和平行平面偏振光场以及圆偏振光场布置简图。

3. 简述在不同偏振光场和不同光源下观察到的模型中的干涉条纹现象。

第三节　全息干涉法

全息干涉法（holographic interferometry）是利用全息照相技术进行干涉计量的方法。在实验应力分析中，全息干涉法可用于位移或变形场测量、应变分析、振动分析、断裂力学、材料研究及生物医学研究等方面，它是有发展前途的实验应力分析方法之一。与目前常用的力学测量方法和经典干涉仪相比，全息干涉法具有很多独特的特点。

1. 非接触式测量。

2. 粗面干涉　不要求物体必须是光学表面。因而扩大了测试的范围。

3. 时间分割干涉　使不同瞬时所存在的两个波面进行干涉，从而对同一物体经时间变化所引起的差异进行干涉测定。

4. 全场测量。

5. 高灵敏度和高精度　根据测得的数据所算出的位移，是以光波波长为计量单位的，具有高的灵敏度和精度。

6. 共同光路干涉　只要在物体变化前后光路不改变，进行干涉的二束光波经过同一光路时，光路系统中的各种干扰因素就会相互抵销。因此，对光学元件的质量和装调方面的要求，没有经典干涉仪严格。

7. 多重干涉 一张全息图上，可以重叠记录很多光波，并能同时再现。

8. 适用面广 对各种材料、形状、表面状况的物体以至生物体，在各种受载条件和工作环境下的力学测量几乎都适用。

全息照相是利用物光光波和与其相干的另一束光波即参考光相干涉，将物体光波的全部信息即振幅与位相记录在底片上，得到全息图，再利用一束相干光照射全息图，发生光的衍射，使物体光波再现，得到物体的立体像。用于全息照相记录的典型光路如图 12-11-8。物光和参考光在全息底片上相遇，发生干涉，形成一幅非常复杂的干涉条纹，并由全息底片记录下用参考光照射底片，全息底片上的干涉条纹相当于一衍射光栅，参考光被全息图衍射，其中沿着原来物光波传播方向的一级衍射波即为物光波再现，得到物体的虚像。这一虚像可用照相机摄影。甚至一小块全息底片也包含有足够产生整个物体图像的信息。这是因为在记录时有关光从物体上每个可见点，反射到全息底片的每一点。

全息干涉术的基本装置包括激光器、防震系统、光学元件以及记录介质等。激光器用来得到相干光，光强要有足够强度，通常用氦氖激光器，波长为 632.8mm，功率为 5～20mw。全息照相的整个拍摄装置需置于防震台上，防止模型和各光学元件受到实验室地面的振动或运动的影响，防震台要防震还要有一定钢度，防震台上可用钢平台，防震措施可因地制宜设计。光学元件包括分光镜、反光镜、扩束镜等。记录介质要求分辨率高。

在拍摄全息图时应使物光与参考光的光程基本相等（图 12-11-9）。两束光交于底片的夹角以 20°左右为宜，参考光与物光的光强比值可取 1∶5。

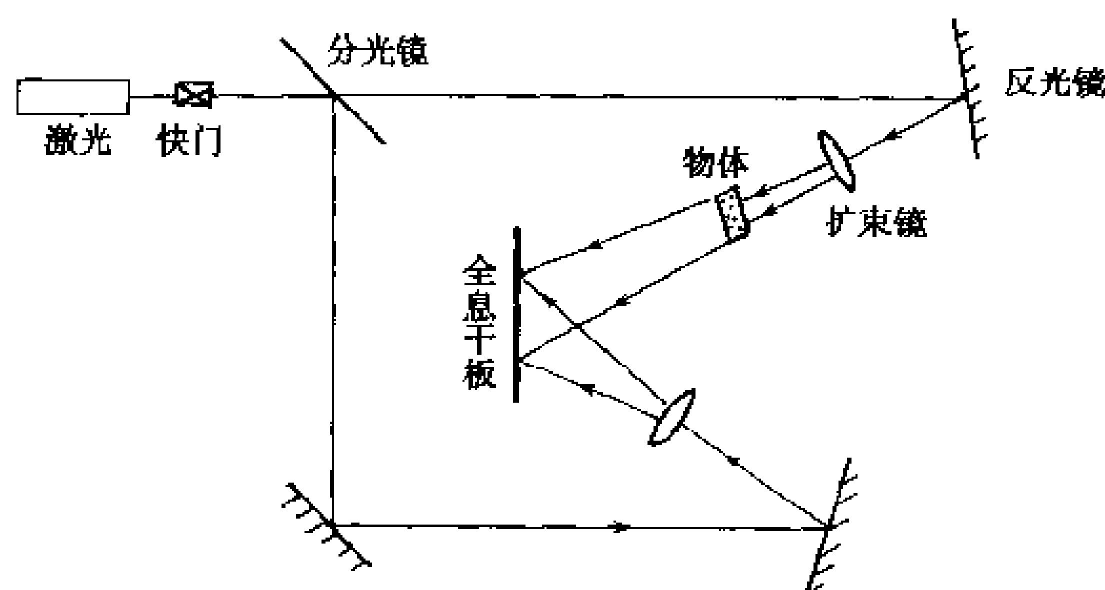


图 12-11-8 全息照相光路图

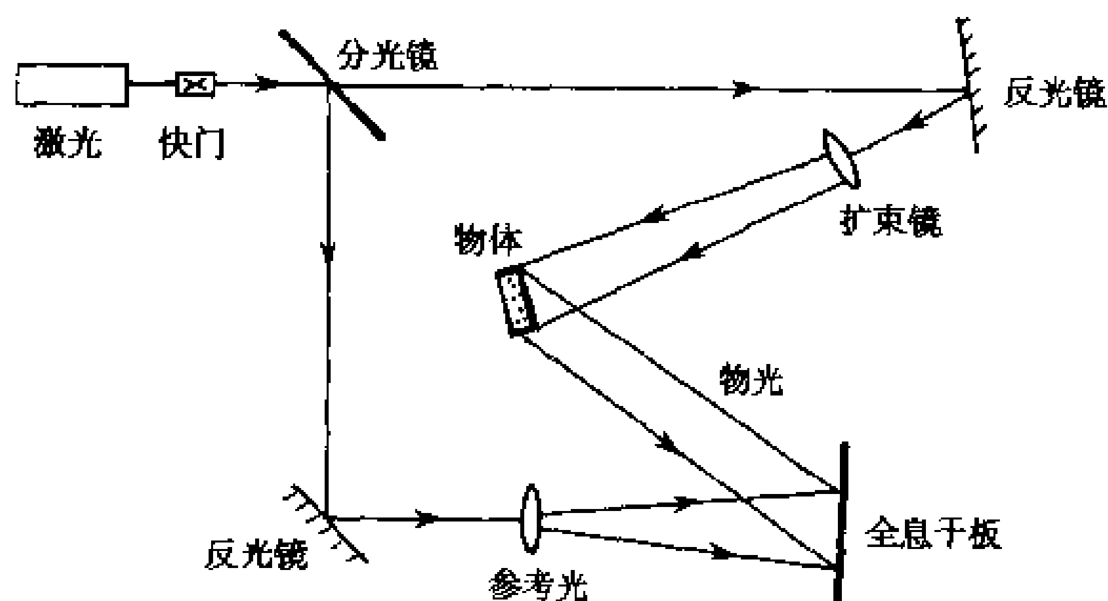


图 12-11-9 光程差分析图

附实验 4 用全息干涉法测量悬臂梁的挠度

（一）实验目的

1. 初步掌握全息照相技术。

2. 利用双曝光法测量悬臂梁端部受集中载荷时梁的挠度。

（二）实验原理和方法

全息干涉用于位移测量时，常采用双曝光法，即在物体变形前后两次曝光拍摄全息图，再现时，则有物体变形前后的两束物光波，由于它们的光程不同，故发生干涉，形成与位移或变形有关的干涉条纹图。若两次曝光之间物体位移为 d，照明方向与位移方向间的夹角为 θ_1，观察方向与位移方向间夹角为 θ_2（图 12-11-10）。

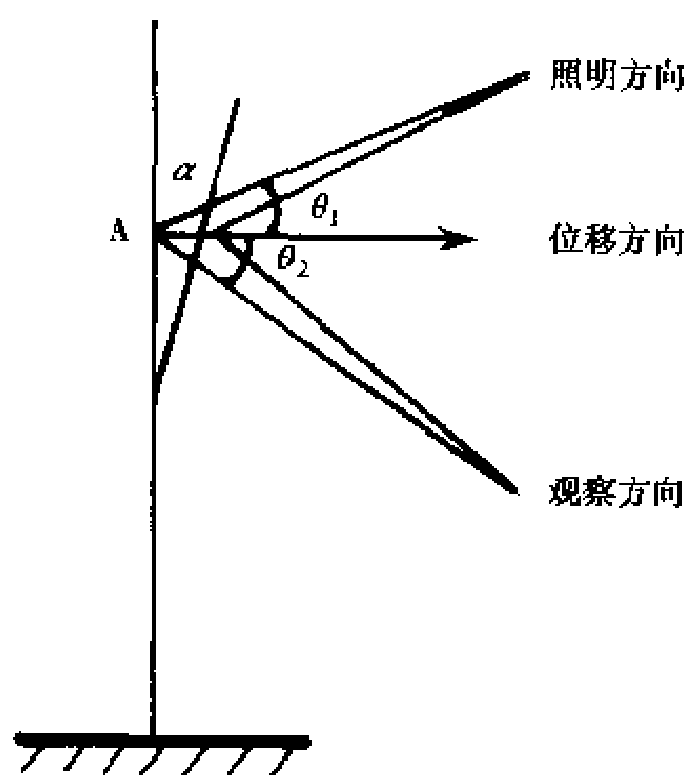


图 12-11-10　两次曝光位移图

两次曝光全息图的再现光强为

$$I = K\cos^2\frac{1}{2}\left[kd\left(\cos\theta_1+\cos\theta_2\right)\right] \quad (13)$$

式中，K 为与振幅有关的常数，$K=\frac{2\pi}{\lambda}$称为波数。

当采用照明方向与观察方向重合，且与被测点的法线方向一致时，则再现光强为

$$I = K\cos^2 Kd \quad (14)$$

由此可得到法线方向的位移为

$$d=\frac{N\lambda}{2} \qquad \text{对应于亮条纹}$$

$$d=\frac{2N+1}{4}\lambda \qquad \text{对应于暗条纹}$$

式中 N 为整数。相邻两明（暗）条纹间位移差为半波长。

（三）实验设备与试件

1．全息工作台及光学元件。

2．氦氖激光器。

3．全息底片。

4．普通照相机，暗室及冲洗设备。

5．加载装置。

6．矩形截面积铝梁或钢梁一个（或骨梁），矩形截面梁可用虎钳夹紧以实现固支，加载可通过滑轮，用砝码实现（图 12-11-11）。

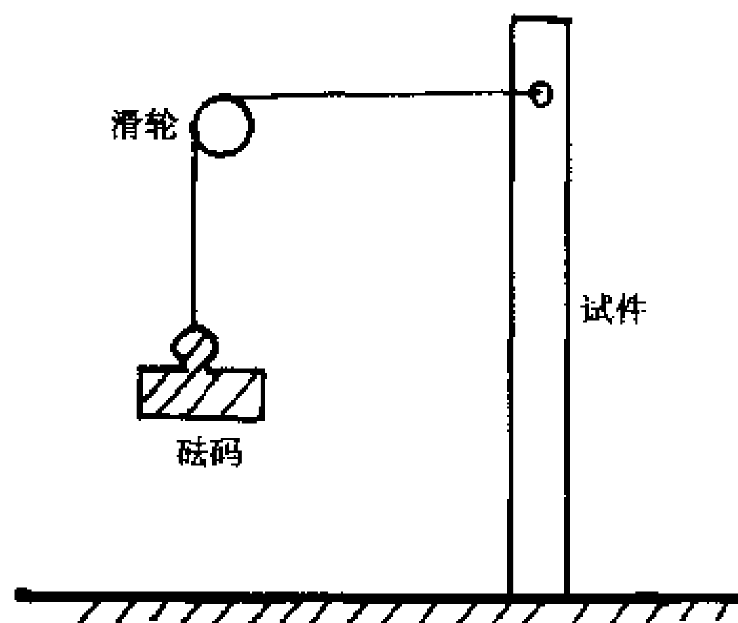


图 12-11-11　加载示意

（四）实验步骤

1．按图 12-11-11 所示，调整光路系统装置，紧夹固定好试件，应使物光与参考光的光程基本相等，且使照明方向与观察方向和梁的挠度方向一致，即使 $\cos\theta_1=\cos\theta_2\approx 1$．两束光交于底片的夹角以 20°左右为宜，参考光与物光光强比为 1∶5．

2．拍摄全息图　用两次曝光法拍摄梁加载前后的全息图。全息底片与梁的挠度垂直，未加载时曝光一次，然后轻轻加载，再曝光一次，再次曝光时间可相同。将曝光后的全息底片显影定影处理．

3．反拍与复制　将全息底片用激光再现，用普通相机对再现光强进行拍照，并复制成条纹图照片。

（五）实验报告要求

1．简述实验目的及过程。

2．印制悬臂梁端部受集中载荷时的干涉条纹图照片。

3．根据条纹图计算悬臂梁的挠度，划出挠度曲线并与理论计算结果比较。

第四节　激光散斑干涉法

当用相干性极好的激光照射到漫反射物体表面时，则物体表面上各点发生散射，由于这些散射光的相互干涉，在物体表面前方的空间形成了无数随机分布的亮暗斑点，称为激光散斑。这种随机分布的散斑结构称散斑场。显然散斑的尺寸和形状与照射光的光波、物体表面结构及所观察的位置有关，

因此如物体发生变形时，其散斑随之发生变化，物体的散斑虽然是杂乱无章随机分布，但物体变形前后相对应的散斑之间变化有一一对应关系，比较物体变形前后散斑场的变化，从而测得物体各部分的位移或应变。用激光散斑干涉法测量物体变形时，一般分成两步进行，第一步是拍散斑图；第二步是采用逐点或全场分析法，将散斑图中所需变形（位移或转角）信息分离出来。

激光散斑干涉法（speckle interferometry）具有光学测量方法的共同优点：非接触式测量，可以遥感，得出结果可直观显示，并可给出全场情况。它的测量灵敏度一般是以微米级为量度单位的，且在一定范围内可以调节。此外，它的实验设备简单，试验的防震要求较低，环境气流影响较小，数据处理简单。

目前激光散斑干涉法已成为固体力学实验应力分析的重要手段之一，应用于断裂力学、塑性变形、瞬态变形，各向异性材料、生物力学、无损检测等领域。它是一个有前途正在发展的测量方法。

附实验 5 用激光散斑干涉法测量面内位移

（一）实验目的

1. 了解用激光散斑干涉法测量面内位移的方法。

2. 掌握激光散斑干涉法测量面内位移技术。

3. 学会对激光散斑干涉法所得条纹（逐点和全场）的分析。

（二）实验装置与方法

实验装置有激光器、加载装置、扩束镜、试件、富化变换透镜、照相机及全息干板与全色负片。

实验所用的加载装置为一矩形等截面悬臂梁。用激光散斑干涉法测量此悬臂梁在自由端受集中力时，梁中性层的弯曲挠度。

散斑图的拍摄采用图 12-11-12 所示光路及装置进行，将激光器经扩束镜扩展均匀光射向悬臂梁的侧面。照相机的光轴垂直于梁的侧面，并与梁的中性层的同一平面内，相距梁约 1m 左右，对准梁的侧面进行整焦。在梁的变形前后，采用全息干板进行二次曝光，即得包含梁弯曲挠度信息的散斑图。在拍摄散斑图时，激光光源可采用氦氖激光器。因为直接对散斑进行拍摄，应采用具有分辨率较高镜头的相机。

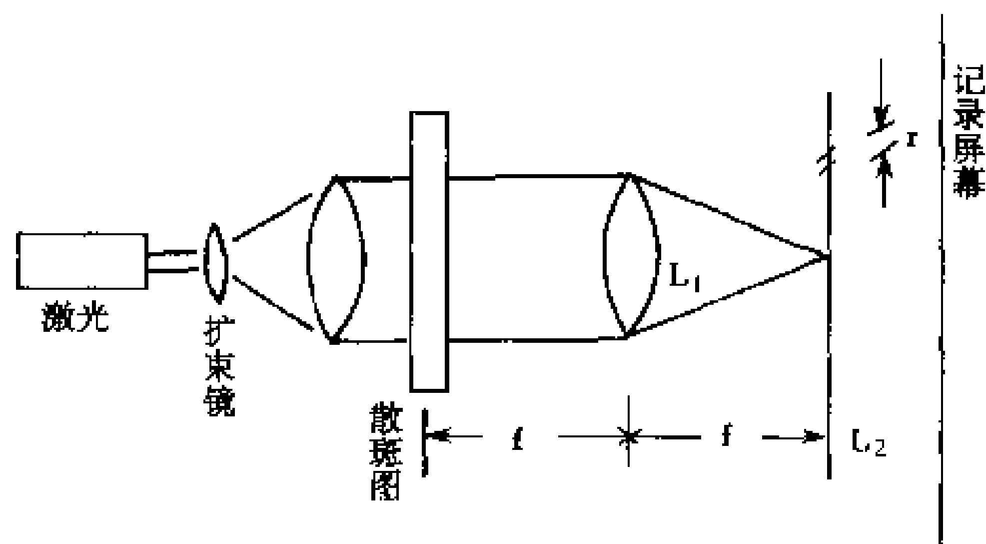


图 12-11-12 全场分析光路图

散斑图的分析可采用逐点和全场二种方法，逐点分析光路如图 12-11-13 所示，用激光光束照射梁的散斑图（在梁的中性层某一点上），根据双孔衍射原理，在距散斑图远处屏幕上出现杨氏条纹，若条纹间距为 h，像的放大倍数为 M，激光光波长 λ（$\lambda=632.5$mm），按公式 $d=\frac{\lambda l}{Mh}$ 在此点的挠度，l 愈大则条纹间距愈大，测量结果较精确，但 l 太大则光弱，条纹清晰度差，因此 l 需要选择恰当。

全场分析的光路及装置如图 12-11-12 所示，将激光经扩束镜和准直镜后成为平行光照射在散斑图上，散斑图置于 L_1 变换透镜前焦面 x_0y_0 平面处，在 L_1 透镜的后焦面（xy 平面）处，放置一张在 y 轴上距原点为 Y 处开一小孔的黑纸（或黑色胶片）。经过成像透镜 L_2（或照相机镜头），在 x_1y_1 像平面上即可得亮暗相间的全场干涉条纹。条纹级数可根据悬臂梁变形性质来确定，因固定端位移为零，此处条纹级数 N 等于零，因此按顺序定出其他各级条纹级数。因滤波孔位置在 y 轴上，相距原点为 Y，梁的 y 轴方向位移即梁的挠度 W，则：

已知 N、λ、f 和 Y 等值，便可从上式求出梁的挠度 W。（在全场分析时，变换透镜孔径应大于试件，因悬臂梁尺寸较大，如没有大孔径镜头，试件可改为对径受载的图板。）

（三）实验步骤

1. 试件表面准备 一般用激光散斑干涉法测量面内应变时，试件表面可不作处理，但为了取得较好漫射面，可在被测表面上涂一层白色文选颜料。

2. 散斑图的拍摄

(1) 按照要求布置光路。

(2) 照相机对准悬臂梁的侧面进行调焦后，装上全息干板。在未加载前，进行第一次拍摄。

(3) 加载后，进行第二次拍摄（曝光时间和第一次相同）。同时用千分表测定梁的各点挠度（取6个测点）。为形成双孔衍射，梁的载荷不能太大，应使其挠度最大值约为0.1mm左右。

(4) 对全息干板进行冲洗，得到梁的二次曝光散斑图。

3. 逐点分析

(1) 按照图12-11-13所示方法布置光路。

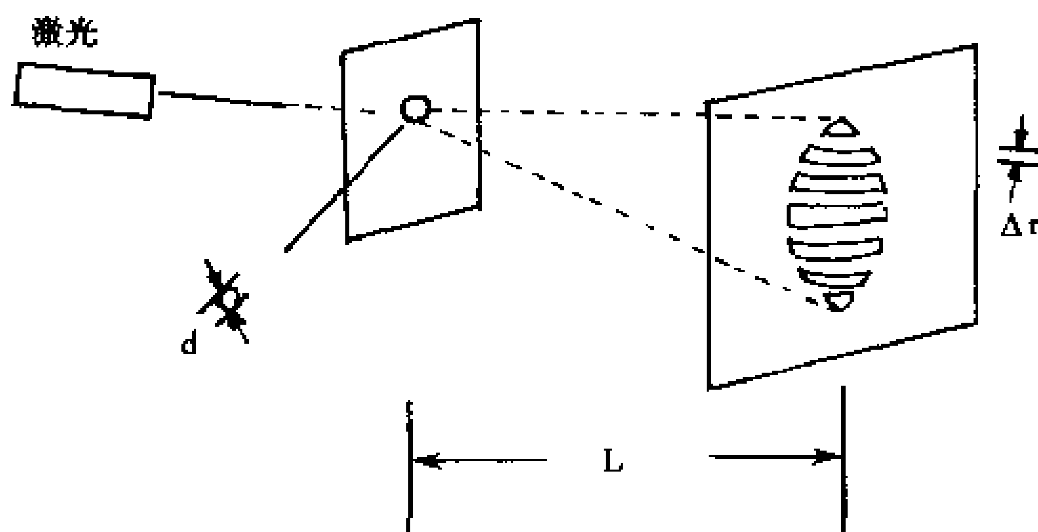


图12-11-13　逐点分析法光路图

(2) 将散斑图中梁中性层沿长度等分六个测点。

(3) 用激光光束逐点照射这些测点，在屏幕上可得六个相应杨氏条纹图。亦可用相机对准屏幕对焦，用全色底片进行拍摄。

(4) 根据所得杨氏条纹，按下表程序，求出梁的各点挠度。

4. 全场分析

实验报告表

测点	1	2	3	4	5	6
距固定端距离						
条纹间距 h						
挠度 $W=\frac{L\lambda}{Mh}$						

注：表中 M 为像放大系数

(1) 将散斑图按前述要求放置于图12-11-13光路中。

(2) 在xy平面（变换平面）上，放置一不透光黑纸（或胶片），黑纸上沿y轴在距原点Y处开一小孔，经过成像镜 L_2（相机镜头），在成像平面上可得全场干涉条纹，用全色底片进行拍摄。亦可直接从小孔处，向散斑图方向观察条纹，或在黑纸后置一屏幕，在屏幕上可得全场干涉纹，进行观察。

(3) 确定干涉条纹级数，按下表进行计算求得梁的挠度。

条纹级数 N	
在像上距固定端距离 X'	
在试件距固定端距离 $X=MX'$	
挠度 $W=\frac{N\lambda f}{Y}$	

(四) 实验报告要求

1. 列出在实验中拍摄所得散斑图及逐点分析所得条纹图像片。

2. 计算梁的挠度。

3. 根据所测挠度值作沿梁长度的挠度曲线，并与理论计算挠度曲线进行分析比较。

(陈新民)

第十二章　理论应力分析

第一节　理论应力分析方法

理论应力分析方法是相对于实验应力分析方法而言，二者皆是指在施加已知载荷情况下，测试被加载结构的应力状况。其中实验应力分析方法是利用物理模型或实物对构件或构物进行应力应变分析的一种方法，是基础理论和工程技术相结合的一门学科。理论应力分析方法是用材料力学、弹性理论求得应力分析的理论解答，涉及到许多基本的物理学法则的运用，如能量守恒，动量守恒，质量守恒定律及一些基本公式如应力应变关系等。理论应力分析方法常面临大量复杂数据的处理，因此往往借助电子计算机寻求数值计算结果，即目前广泛应用的有限元法（finite element method）。

20 世纪 50 年代初期，以美国为中心，为了提高飞机结构分析的精度，而首先采用结构矩阵分析法（matrix methods of structural analysis）或有限元法，随着电子计算机的大型化和高速化，获得了飞速发展。现在超高层建筑、大型油轮、大型喷气机、原子能反应堆压力容器以及巨大桥梁等极其复杂的结构物的精确应力分析，已成为结构工程技术人员需要经常解决的问题。从而开始广泛利用巨型电子计算机来解几万元的联立一次方程式的大型计算程序。可以看到，作为偏微分方程式的有效的数值解法，不久将在流体力学、热传导、电磁学等以及物理、工程学以外的领域中得到进一步发展。这一崭新技术的基础是众所周知的能量原理。虽然说这个方法本身是在 20 世纪初期提出来的，但其发展的秘密还是由于能够通过矩阵代数，利用电子计算机迅速而又可靠地进行数值计算，使得分析步骤程序化。在机械工程学科中引进有限元法是一个比较新的领域，而在生物医学工程学学科中引进有限元法则是一个崭新的领域，是与机械工程学科、生物力学、固体力学、流体力学、热传导、传质和自动控制等很多学科相联系的边缘学科。人们对依靠引进有限元法来促进技术上的新发展寄予着很大希望。

一、有限元法基础

（一）小变形弹性理论

1. 正交笛卡尔坐标系用 x_1，x_2，x_3 来代替 x、y、z，而且对 x、y、z 的微分采用如下符号：

$\partial(\ )/\partial x=(\ )_{,1}$　$\partial(\ )/\partial y=(\ )_{,2}$　$\partial(\ )/\partial z=(\ )_{,3}$

2. 应力

用 $\begin{bmatrix}\sigma_{11}\sigma_{12}\sigma_{13}\\ \sigma_{21}\sigma_{22}\sigma_{23}\\ \sigma_{31}\sigma_{32}\sigma_{33}\end{bmatrix}$ 代替 $\begin{bmatrix}\sigma_{x}\tau_{xy}\tau_{xz}\\ \tau_{yx}\sigma_{y}\tau_{yz}\\ \tau_{zx}\tau_{zy}\sigma_{z}\end{bmatrix}$ 时，则在

$\sigma_{ij}=\sigma_{ji}$（i，$j=1$，2，3）

对称条件下，应力可用 9 个分量 σ_{ij}（i，j = 1，2，3）表示。

3. 应变　用 ε_{11}、ε_{22}、ε_{33}、$2\varepsilon_{23}$、$2\varepsilon_{31}$、$2\varepsilon_{12}$ 代替 ε_x、ε_y、ε_z、γ_{yz}、γ_{zx}、γ_{xy}，则在

$\varepsilon_{ij}=\varepsilon_{ji}$（$i$，$j=1$，2，3）

对称条件下，应变可用 9 个分量 ε_{ij}（i，j = 1，2，3）表示。

4. 体积力　用 $\overline{F_1}$、$\overline{F_2}$、$\overline{F_3}$ 代替 X、Y、Z。

5. 位移　用 u_1、u_2、u_3 代替 u、v、w。

6. S_σ 上的边界条件　用 n_1、n_2、n_3 代替 l、m、n；用 $\overline{T_1}$、$\overline{T_2}$、$\overline{T_3}$ 代替 $\overline{X_v}$、$\overline{Y_v}$、$\overline{Z_v}$。

7. S_u 上的边界条件　用 $\overline{u_1}$、$\overline{u_2}$、$\overline{u_3}$ 代替 $\overline{u}$、$\overline{u}$、$\overline{w}$。

小变形弹性问题的基本方程还可写成如下形式：

（1）平衡方程式

$$\sigma_{ij,j}+\overline{F_i}=0$$

（2）应变-位移关系式

$$\varepsilon_{ij}=\frac{1}{2}\left(u_{i,j}+u_{j,i}\right)$$

（3）应力-应变关系式

$$\sigma_{ij}=a_{ijkl}\varepsilon_{kl}$$

或反过来求解，而写成

$$\varepsilon_{ij}=b_{ijkl}\sigma_{kl}$$

弹性体为各向同性时，则有

$$\sigma_{ij}=\frac{E}{(1-2\upsilon)}\varepsilon\delta_{ij}+2G\varepsilon_{ij}$$

$$\varepsilon_{ij}=\frac{(1-2\upsilon)}{E}\sigma\delta_{ij}+\frac{1}{2G}\sigma_{ij}$$

式中 $\varepsilon=\frac{1}{3}\varepsilon_{ij}$； $\sigma=\frac{1}{3}\sigma_{ij}$

ε'_{ij}与σ'_{ij}分别称为偏应变（deviator strain）与偏应力（deviator stress），它们定义为

$$\varepsilon'_{ij}=\varepsilon_{ij}-\varepsilon\delta_{ij}$$

$$\sigma'_{ij}=\sigma_{ij}-\sigma\delta_{ij}$$

（4）力学边界条件 在 S_σ 上，

$$T_i=\overline{T_i}$$

式中 T_i 按下式定义为

$$T_i=\sigma_{ij}n_j$$

（5）几何边界条件 在 S_u 上，

$$u_i=\overline{u_i}$$

这就是说，小位移弹性问题可归结为在满足边界条件的情况下来解上述基本方程式。

在实验解法中，有位移法（displacement method）和力法（force method），但能求得这些方程式的精确解的情况却很少，所以实际上绝大多数要采用近似解来满足这些方程式。于是，经常采取利用变分原理的直接解法。

如贮存于弹性体的单位体积内的弹性应变能，用应变分量来表示的函数 A（ε_{ij}），称为应变能函数。应变能函数 A 可利用应力-应变关系将应力分量表示为应变分量，然后沿载荷路线积分求得，即

$$A(\varepsilon_{ij})=\int_0^{\varepsilon ij}\sigma_{ij}\mathrm{d}\varepsilon_{ij}$$

在线性弹性体的情况下，则为

$$A=\frac{1}{2}\alpha_{ijkl}\varepsilon_{ij}\varepsilon_{kl}$$

若为各向同性弹性体时，则为

$$A=\frac{E\upsilon}{2\ (1+\upsilon)\ (1-2\upsilon)}\ (\varepsilon_x+\varepsilon_y+\varepsilon_z)^2+G\ (\varepsilon_x^2+\varepsilon_y^2+\varepsilon_z^2)\ +\frac{G}{2}\ (\gamma_{yz}^2+\gamma_{zx}^2+\gamma_{xy}^2)$$

（二）小位移弹性理论

实际上，很少能获得小位移弹性问题的精确解。众所周知，虚功原理和变分原理在求近似解上起着很重要的作用。就是说，上述各原理在推导近似上要力学方程式及与其对应的边界条件式时是重要的依据，并且在充分理解所导出的主要力学方程式的物理意义上，也是非常重要的。

1. 变分原理的变换 在小变形弹性问题中的变分原理之间有着密切关系，如图 12-12-1 所示。通过适当的变换，即可以从一个原理导出另一个原理。图中的箭头是表示推导变分原理的一般途径，左侧是小位移弹性问题的基本方程式族，中间是一般的变分原理，右侧是放宽连续条件的变分原理。

2. 虚功能原理 假定物体在给定的体积力和边界条件下处于平衡状态，这时的应力用 σ_{ij} 表示。令物体离开该状态产生微小的虚位为 δu_i，则虚位移原理（principle of virtual work）可用下式表示，即

$$\iiint_V\sigma_{ij}\delta\varepsilon_{ij}\mathrm{d}V-\iiint_V\overline{F_i}\delta u_i\mathrm{d}V-\iint_{S\sigma}\overline{T_i}\delta u_i\mathrm{d}S=0$$

3. 推广的虚功原理 利用应变能函数 A 将虚功原理改写成

$$\delta\iiint_V A(u_i)\mathrm{d}V-\iiint_V\overline{F_i}\sigma u_i\mathrm{d}V-\iint_{S\sigma}\overline{T_i}\delta\mathrm{d}S=0$$

式中的 $\delta\iiint_V A(u_i)\mathrm{d}V$ 是表示 $\iiint_V A(u_i)\mathrm{d}V$ 的一次变分，被变分的独立变数是附加条件式中的 u_i。在体积力和 S_σ 上的表面力为非守恒力（non-conservative force）情况下，使用上述公式很方便。

4. 最小势能原理 当体积力和 S_σ 上的表面力均为恒载（dead load）时，在变分过程中，其大小和方向均不改变，则容易证明，上式左边第 2 项和第 3 项可按

$$-\iiint\int_V\overline{F_i}u_i\mathrm{d}V-\iint_{S\sigma}\overline{T_i}u_i\mathrm{d}S$$

一次变分给出，因此，其式可写成

$$\delta\Pi_p=0$$

式中

$$\Pi_p=\iiint_V[A(u_i)-\overline{F_i}u_i]\mathrm{d}V-\iint_{S\sigma}\overline{T_i}u_i\mathrm{d}S$$

这些公式表示这样的一种情况，即“在满足 S_σ 上的几何边界条件式的所有许可的位移分量 u_i 中，真正解是对 Π_p 取极限”。可以证明该极值为最小，因此，导出的 Π_p 是最小势能原理的泛函数(functional)。

5. 余虚功能原理　在小位移弹性问题中，下述和虚功原理互补的余虚功原理成立，即

$$\iiint_V \varepsilon_{ij}\delta\sigma_{ij}\mathrm{d}V \quad \iint_{Su} \overline{u_i}\delta T_i \mathrm{d}S = 0$$

这里的附加条件是：

$$(\delta\sigma_{ij})_{,j} = 0 \qquad (V\text{ 内})$$

$$\delta T_i = 0 \ (S_\sigma \text{ 上})$$

式中　$\delta T_i = \delta\sigma_{ij} n_j$

6. 最小余能原理　如图 12-12-1 所示，一般最小余能原理可从余虚功原理导出。即利用定义的余能函数 B (σ_{ij})，可定义下述泛函数 Π_c：

$$\Pi_c = \iiint_V B(\sigma_{ij})\mathrm{d}V - \iint_{Su} \overline{u_i} T_i \mathrm{d}S$$

式中 σ_{ij}为满足 V 内的平衡方程式，和满足 S_σ 上的力学边界条件式的任意单值连续函数。满足上述条件的函数称为容许函数。这样的容许函数 σ_{ij} 有无数组，对应于每一组，Π_c 的值都不同。对于 Π_c，下述最小余能原理（principle of minimum complementary energy）成立，即"在所有满足 V 内的平衡方程式和 S_σ 上的力学边界条件式的容许应力分量 σ_{ij} 中，真正解使泛函数 Π_c 为最小"。

7. 散度定理　以上的虚功原理或余虚功原理是从不同的角度导出的，但是二者都可以作为散度定理（divergence theorem）的特殊情形而由该定理导出。散度定理可写成下述形式，即

$$\iiint \sigma_{ij}\varepsilon_{ij}\mathrm{d}V = \iiint_V \overline{F_i} u_i \mathrm{d}V + \iint_{S\sigma} T_i u_i \mathrm{d}S + \iint_{Su} T_i u_i \mathrm{d}S$$

散度定理在连续体力学中是应用范围非常广泛的重要定理。

8. 边界条件的变化　假定小位移弹性问题的解为

$$U = \iiint_V A(\epsilon_{ij})\mathrm{d}V$$

$$V = \iiint_V B(\sigma_{ij})\mathrm{d}V$$

并作为$\overline{F_i}$、$\overline{T_i}$、$\overline{u_i}$的函数求出的。可从这一平衡变形状态来进一步分析边界条件略加改变时 U 或 V 的变化情况。

(1) 几何边界条件的变化　在原来状态下、不改变体积力和 S_σ 上的力学界条件，而只改变 S_u 上的几何边界条件，令 ($\overline{u_i} + \mathrm{d}\,\overline{u_i}$) 为改变后的边界条件，现在来考察这时的平衡变形状态。设 U 的增量为 $\mathrm{d}U$，则可得

$$\mathrm{d}U = \iiint_V \mathrm{d}A\mathrm{d}V = \iiint_V \sigma_{ij}\mathrm{d}\varepsilon_{ij}\mathrm{d}V$$

$$= \iiint_V \overline{F_i}\mathrm{d}u_i\mathrm{d}V + \iiint_{S\sigma} \overline{T_i}\mathrm{d}u_i\mathrm{d}S + \iint_{Su} T_i\mathrm{d}\overline{u_i}\mathrm{d}S$$

式中 $\mathrm{d}u_i$ 为 $\mathrm{d}\overline{u_i}$ 在 V 内和 S_σ 上引起的位移增量，是表示总应变能的增加等于体积力和表面力的功的增量这一能量法则，它对决定在 S_u 上的 T_i 值是有用的。

(2) 力学边界条件的变化　为使小位移弹性问题简单化，设物体在 S_u 上是固定的，即

$$u_i = 0 \ (S_u \text{ 上})$$

此外，还限定没有体积力作用。从经过这样简化的原来状态出发，来考察在 S_σ 上的力学边界条件改变为 ($\overline{T_i} + \mathrm{d}\,\overline{T_i}$) 时的平衡变形状态，设这时的余应变能 V 的增量为 $\mathrm{d}V$，则得

$$\mathrm{d}V = \iiint_V B\mathrm{d}V = \iiint_V \epsilon_{ij}\mathrm{d}\sigma_{ij}\mathrm{d}V$$

$$= \iiint_{S\sigma} u_i \bar{T}_i \mathrm{d}S$$

9. 放宽连续条件的变分原理　Π_p 的容许函数必须是单值连续函数。因此，在应用瑞利-里兹法时采用单值连续的坐标函数的线性组合。这样做的目的，在于当 n→∞时是收敛条件之一。另一方面，因为有限元法是瑞利-里兹法的一个特例，所以使用的位移函数不仅在单元内是单值连续的，而且在单元的边界处也应该是连续（compatible or conforming）的，使其在增加所划分的单元数目时，成为收敛于精确解的条件之一。

另一方面，利用按相同单元划分的网格形状(mesht pattern）求解问题时，往往发生用非协调模型求出的近似解比用协调模型求出的近似解的精度要高的情况。这是因为在有限元法中，各单元的位移、应变和应力在简单场里是近似的，如果把这样的单元在单元边界上将其位移按完全连续地加以限制，则导致过度束缚，致使精度反而不如非协调的情况高。可以说，杂交法（hybrid-method）就是为了消除这一矛盾而提出来的。作为杂交法基础的变分原理是从一般变分原理导出的（如图 12-12-1 右侧所示），并将其称为放宽连续条件的变分原理(modified variational principles for relaxed continuity requirements)。该原理应用于有限元法的有下述几

种：

(1) 以放宽连续条件的最小势能原理为基础的有：

杂交位移模型Ⅰ

杂交位移模型Ⅱ

(2) 以放宽连续条件的赫林杰-莱斯诺(Helinger-Reissner)原理为基础的有

混合模型Ⅱ (mixed model)

(3) 以放宽连续条件的最小余能原理为基础的有

杂交应力模型

(三) 非线性问题及其变分原理

1. 固体力学中的非线性问题及其变分原理　固体力学问题，按材料的应力-应变关系而表现出的材料非线性 (material nonlinearity) 性质和基于有限变形或大挠度的几何非线性 (geometrical nonlinearity) 性质的不同组合而形成四个学科领域，如图 12-12-2 所示。其中：①是结构工程技术人员的主要理论基础；②是所谓大挠度问题；③相当于以前的塑性理论和塑性设计或蠕变理论等知识领域；④是高阶非线性问题，它是结构学上特别需要发展的技术领域。现在由于有限元法的发展，可以说，①、②、③领域大部分已经弄清，而④的问题也正在建立研究基础。

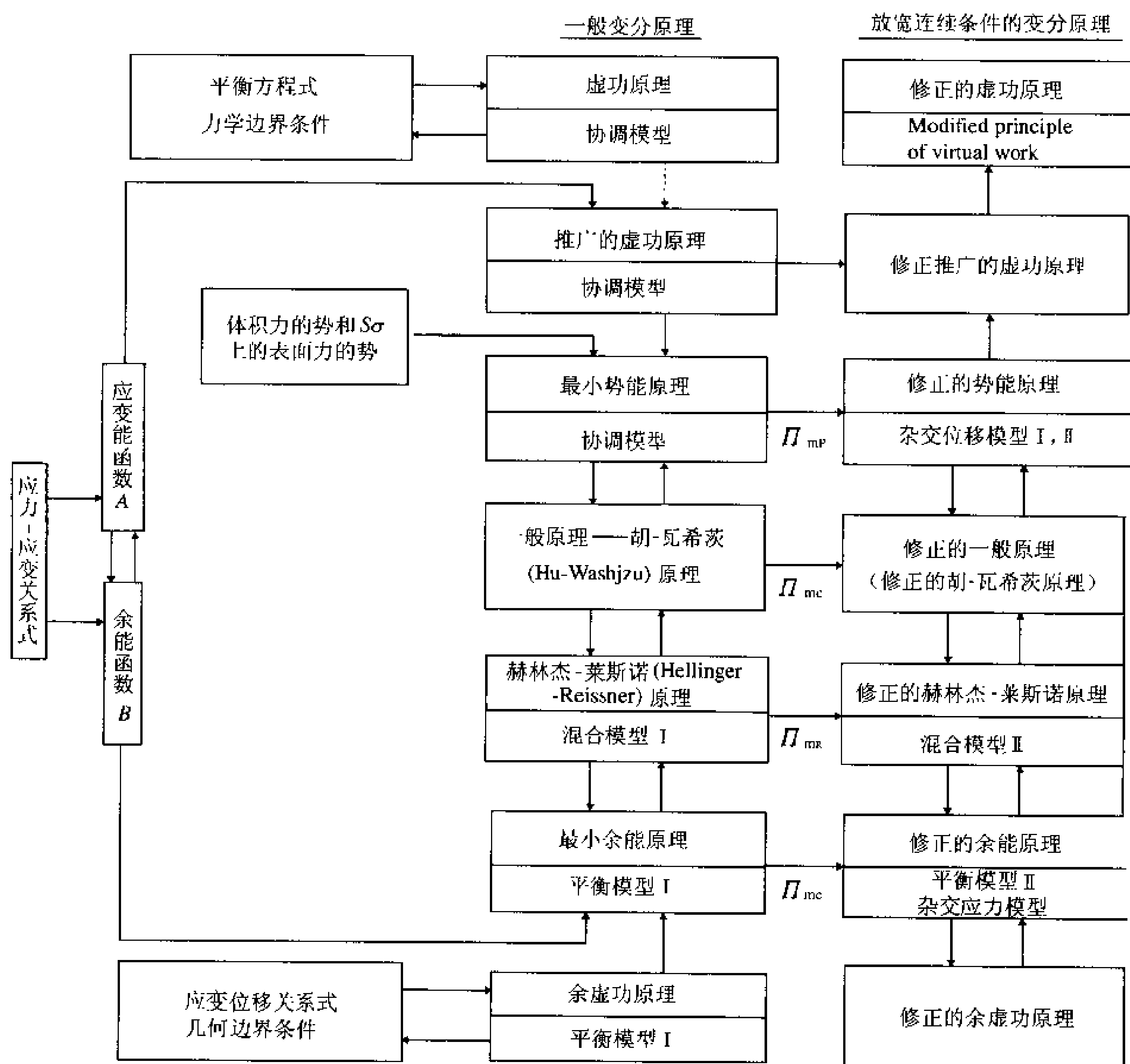


图 12-12-1　小位移弹性问题的变分原理和有限元法的方框图

	弹性	非弹性
小变形	小位移弹性问题 ①	小位移非弹性问题 ③
有限变形	有限位移弹性问题 ②	有限位移非弹性问题 ④

M：材料非线性　　G：几何非线性

图 12-12-2 固体力学中的四个学科领域

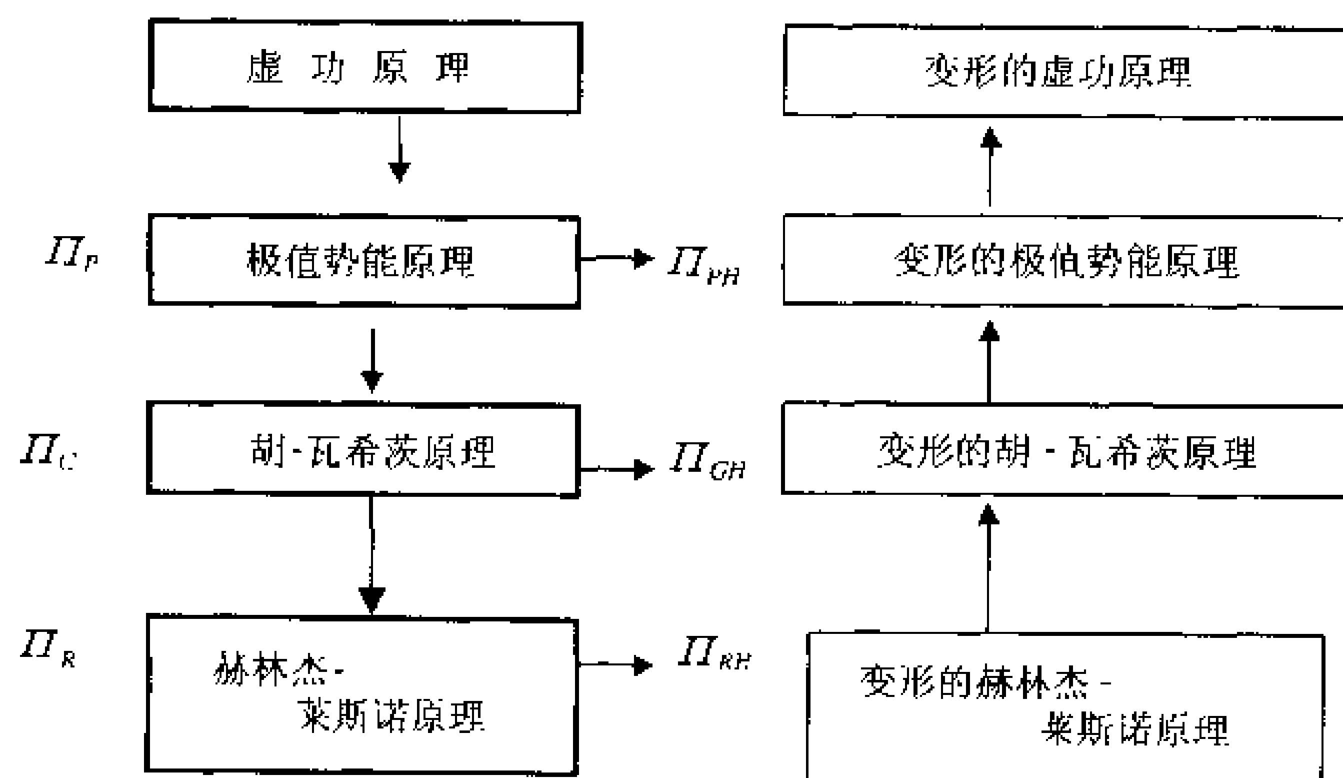


图 12-12-3 有限位移弹性问题的变分原理

2. 几何非线性问题的变分原理　以该虚功原理为依据，可导出如图 12-12-3 所示的一系列有限位移弹性理论的变分原理。

3. 材料非线性问题的变分原理　以应力增量和应变增量的关系式为基础的塑性理论称为应变增量塑性理论（incremental strain theory or flow theory of plasticity）。关于应变增量塑性理论已建立了几种变分原理。首先，对所处理的这种理论问题，可定义为："设在某时刻 t 处于平衡状态的物体上 V，在其所有点所处的应力状态 σ_{ij} 和载荷史是已知的。在（$t+dt$）时刻，物体表面 S_σ 部分上的外力增量 $d\overline{F_i}$（$i=1, 2, 3$）及其余表面部分 S_u 上的位移增量 $d\overline{u_i}$（$i=1, 2, 3$）给定时，则在物体内部将会引起什么样的应力增量 $d\sigma_{ij}$ 和位移增量 du_i？这个问题的真正解答，除了满足增量关系的应力-应变关系式外，还必须满足以下各条件，即

平衡条件　$(d\sigma_{ij}),_j=0$

协调条件　$d\varepsilon_{ij}=\frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial du_i}{\partial x_j}\right)+\left(\frac{\partial du_j}{\partial x_i}\right)\right]$

边界条件　在 S_σ 上，$d\sigma_{ij}n_j=d\overline{F_i}$

在 S_u 上，$du_i=d\overline{u_i}$（$i, j=1, 2, 3$）

二、有限元法

有限元法是一种求解连续介质力学问题的数值方法。其基本点就是把本来连续的结构（弹性体）划分成有限个单元，以其结合来代替原结构，并逐一研究每个单元的性质，以获得整个结构的性质。具体说来，有限元法是从研究有限大小的单元力学特性入手，在各单元内假定具有一理想化的位移或应力分布模式，根据单元的性质，选择一种函数来近似地表示其位移分量的分布规律，并按弹、塑性理论中的变分原理建立单元结点和位移之间的关系，通过力的平衡条件，建立一系列线性方程组，求解方程组以获得物体上有限个离散结点的位移分量，由此推导出外力与位移，位移与应变、应变与应力之间的关系。

（一）瑞利-里兹法

从 1906 年以来，就有力建议用"栅格相似"来求解连续介质问题，连续介质是用弹性杆件组成的规则网络来近似的，该方法试图采用框架结构分

析方法。1941年Cooran曾建议在三角形区域内用分段多项式内插法，作为求得近似数值解的方法，他把这种方法称为变化问题的瑞利-里兹(Rayleigh-Ritz)解法。瑞利-里兹法是将高分原理作为基础的有代表性的直接解法，是固体力学问题的最重要的直接解法，在其他技术学科中也有广泛应用，而有限元法就是把瑞利-里兹法用矩阵代数加以组织化的方法，所以说瑞利-里兹法是产生有限元法的母体。1956年Torner将矩阵分析应用于飞机结构的研究，1960年Clongh等将有限元法推广应用来求解弹性力学平面应力问题，并创造了“有限单元”这个名称。

(二) 位移法

位移法是有限元法的主流。在有限元法中，把给定的弹性体理想化为有限个具有一定大小的小单元 V_1、V_2…、V_n 的集合体。这时，最小势能原理可写成

$$\prod_i = \sum_{k=1}^{n}\left\{ \iiint_{Vk}[A(u_i) - \overline{F}_i u_i]\mathrm{d}V - \iint_{S\sigma k} \overline{T}_i u_i \mathrm{d}S \right\}$$

式中的 $S_{\sigma k}$ 是属于 V_k 的 S_σ 部分。在上述的定型化中，是用各单元的节点位移（包括广义位移）来代替瑞利-里兹法中的广义坐标（a_i，b_i，c_i），并将其作为未知量，称为节点位移（nodal displacesmenta）。

于是，各有限单元内的位移可用节点位移通过内插公式近似地表示，但这时，内插公式给出的位移不仅要在各单元内连续，而且沿单元边界也必须连续（假如相邻二单元所对应的节点位移是连续的话）。使用有限元法时，是按下述一般步骤进行分析的。

1. 把单元内的位矢量是用简单函数表示
2. 计算节点位移矢量
3. 计算单元的应变矩阵
4. 计算单元的应力矩阵
5. 计算单元应变能的变分
6. 计算单元上外力的虚功
7. 计算结构总体势能

虽然位移到处都是连续的，但是，应力和应变不连续。就是说，从一个单元到相邻的另一个单元，应力和应变在二单元的边界上不是连续变化的。这是使用以最小势能原理为基础的有限元法难以避免的。

(三) 有代表性的有限单元

有限元法，就是把结构物理想化为一维、二维、三维的有限单元的集合体，先求出各单元的刚度矩阵，再把它们综合起来导出结构的总体刚度矩阵，然后求解，一维单元有杆单元、梁单元等，二维单元有只处理平板在自身平面内变形的面内单元和只处理弯曲变形的弯曲单元。此外，壳单元和曲面板单元也属于二维单元之列，这时，面内单元（也称为膜单元）与弯曲单元，和平板时不同，相互不是独立的。三维单元的例子有四面体的或六面体的。关于有限单元，首先是研究出了各种不同形状的单元，又进而研究出了用于不同变分原理的位移型、应力型和杂交型等各种模型。最近，在叫作等参数单元（isoparmetric element）或复合单元（super element）上，不仅在单元顶点，而且还在边界面上也安排若干个节点，使单元具有高次变形自由度，减少单元数量，尽量缩小刚度方程式的规模，有关这些研究工作都非常活跃，并已取得可观的成果。表12-12-1收集了在有限元分析中广泛使用的单元。

(四) 有限元法的程序设计采用位移法计算时的标准步骤

1. 读入数据。将节点表、单元表、载荷表、约束条件表等输入到计算机内。同时，根据需要，将局部坐标系变换成总体坐标系，对节点编号和单元编号作重新定义等。还要校核数据的正确性。

2. 组成单元刚度矩阵。随后再完成初应力、自重、单元单位等的处理工作。

3. 组成总体刚度矩阵。但是，在实际问题中，想把总体刚度矩阵一次组成，这在空间上说，常常是困难的，因此多采用分部组成小矩阵，然后进行处理的方式。

4. 处理外力和约束条件。

5. 解平衡方程式。为了检查所求结果的正确性，需要进行平衡校核。

6. 应力计算。

7. 打印结果。根据需要，还可用绘图机绘制位移图和应力图。

此外，为了实用方便，有时还要使程序具有下

述辅助功能，即自动分割；图像电子放大（局部放大分析）；仅改变载荷项能重复计算。

此外，在静力分析的程序上，只要作某些性能补充，就能从事动力分析和弹塑性等分析，而且，关于热应力问题等也同样能处理。

作为单元程序基本有：

杆单元（二维、三维）；

板单元（面内力、弯曲）；

三维连续体单元；

曲面单元（面内力、弯曲）。

有限元法的程序一般数据范围大，另外，程序本身的阶跃函数也相当多，所以一般是将程序和数据的大部分都放在外存装置，而只把最低限度的必要部分输入到内存装置进行处理。因此，要使用重复内存型。在大型的通用程序中，有时采用有存储动态分配功能的自管程序。

表 12-12-1 有限元分析时所使用的单元示例

单元名称	节点位移（节点力）	应用问题	节点的自由度	节点数
杆单元		铰接结构物	1	2
梁单元		刚接结构物	3	2
三节点三角形单元		平面应力问题	2	3
六节点三角形单元		平面应力问题	2	6
矩形单元		平面应力问题	2	4
矩形平板单元		平板的弯曲问题	3	4
三角形平板单元		平板的弯曲问题	3	3
		壳	6	3

单元名称	节点位移（节点力）	应用问题	节点的自由度	节点数
四面体单元		三维应力问题	3	4
六面体单元		三维应力问题	3	8
曲面矩形单元		圆柱壳	5 或 6	4
三角截面环状单元		轴对称三维应力问题	2	3

（五）有限元法的计算步骤 用有限元法作结构分析时，大体上有以下四个阶段：模型建立阶段、输入数据准备阶段；用有限元法计算阶段；输出数据整理阶段。下边简单说明这四个阶段。

1. 模型建立阶段 对分析对象的结构进行离散化，建立符合实际的有限元模型：

（1）判断结构力学行为；

（2）确认载荷点及反力点；

（3）确立载荷传递途径；

（4）结构对称性；

（5）应力集中区部位增加单元数量。

2. 输入数据准备阶段 根据有限单元法将结构物的复杂形状进行如实的模型化时，一般，输入的数据数量很大，人为误差也较多。因此作为防止措施，要尽可能地减少人为的部分，采用电子计算机组织数据，并应用校对人工组织数据的系统。就是说，在输入数据时应能做到：

（1）将粗分变成细分：如果输入粗分数据，电

子计算机在作精加工时能作细分数据。

(2) 输入外形后能自动分割。

(3) 零件类别网格发生器：在分析同类结构时，只要将结构的零件加以区别，同时给定各基本部件，即可编制适当分割的程序，并将这些程序组合起来而获得总体结构程序。

(4) 坐标读数装置的利用：用人工在图纸上分割网络，再利用坐标读数装置即可作成数据。

(5) 绘图利用：应用绘图功能在图纸上进行分割。

(6) 数字控制的利用：如果分析的对象是在数控机上作的，则利用数字控制即能自动分割。

3. 计算阶段　有限元法静力计算可按下述步骤进行：

(1) 读入单元数据包括节点坐标\单元的连接、单元特性和单元物理性质（如板厚、弹性模量、泊松比、截面积、惯性矩、截面模量等)。

(2) 计算单元的刚度矩阵和应力矩阵。

(3) 将各刚度矩阵合成为总体节点刚度矩阵，进行整体分析。

(4) 读入边界条件包括位移受约束的节点（或已有初位移的节点）和载荷。

(5) 将刚度矩阵按便于修正乔尔斯基分解（三角分解）的排列来分解。

(6) 利用向前消元法和向后替代法来计算所有节点位移。

(7) 利用各单元位移计算节点应力和单元重心的应力。

(8) 打印应力和位移。

4. 输出数据整理阶段　输出各种数据包括节点位移等，绘出多种图形包括应力图和位移图等。

(六) 有限位移弹性问题的有限元分析

有限位移弹性问题的有限元分析，可以根据变分原理加以定型化。由于有限位移弹性问题，一般是非线性的，因此在有限元法中，广泛应用由上述变分原理而导出的下述线性理论，即牛顿-拉弗森(Newton-Raphson) 迭代法及增量理论。

此外，关于初应力问题、初应变问题、稳定问题、振动问题、动力学问题等，均可写出这种变分原理。因此，这些变分原理使得上述问题在利用有限元法求解时能够作到组织定型化，因而是非常有效的工具。

(七) 材料非线性问题的有限元分析

材料非线性问题的有限元分析，与几何非线性问题的分析方法并无本质不同。所用方法就是基于增量法的迭代法：计算在每一载荷增量下的各有限单元内的相当应力 $\bar{\sigma}$，看这一应力值是否等于材料的屈服应力 σ_y [米赛斯 (Mises) 的屈服条件]，若是屈服了，则利用应力-应变矩阵来计算该单元的塑性刚度矩阵，并用它来代替前述的弹性刚度矩阵，再利用经过修正的结构总体刚度矩阵计算对应于下一步的载荷增量的线性解。上述计算过程，一直重复到达到最终载荷 (ultimate load) 状态时为止。增量法就是这样应用于材料和几何非线性问题的，这一解析方法的可靠性业已充分得到证实。

(八) 非线性问题的综合分析

结构的非线性表现，大体有以下两种情况：一种是由材料特性引起的；另一种则是由大变形等几何特性引起的。前者称为材料非线性问题，它是与材料的塑性和粘弹性有关；后者则称为几何非线性问题。对几何非线性问题，就不能不考虑结构变形对力的平衡条件和外力的边界条件等的影响。以刚架结构为例，由于出现塑性铰而使得结构刚度降低和破坏，就属于材料非线性范围，而弹性屈曲则属于几何非线性范围。很明显，这两类问题常常不是独立存在的，例如，在解决屈曲变形问题时，考虑到材料的塑性，就变成了材料非线性和几何非线性的复合问题。在分析非线性问题时，用有限元法是最适合的。

有限元法的结构总体刚度方程式，在弹性问题中为

$$[K^e]\{U\} = \{P\}$$

$[K^e]$ 为弹性刚度矩阵，$\{U\}$ 为节点位移；$\{P\}$ 为外载荷矢量。按塑性来考虑材料非线性时，方程式以增量形式表示为

$$[K^p]\{dU\} = \{dP\}$$

在粘弹性问题中的刚度方程式为

$$[K^e]\{dU/dt\} = \{dP/dt\} + \{P_a\}$$

与温度引起的材料热膨胀相对应的项，或者与材料特性变化相对应的项，可包括在名义外力变化率项 $\{P_a\}$ 里。

在几何非线性问题中，不仅处理单元的形状变化，还要处理形状变化对力的平衡条件和表面力的边界条件的影响。因此，也要注意到应变和应力以

及它们增量的定义。几何非线性问题的刚度方程式的增量形式为

$$([K]+[K_G])\{dU\}=\{dP\}+\{dP_C\}$$

其特征除了普通的线性问题中的刚度矩阵 $[K]$ 外，还出现了几何刚度矩阵 $[K_G]$ 和非线性变形对应的载荷修正项 $\{dP_C\}$。

不稳定现象和屈曲，从刚度矩阵 $[K]+[K_G]$ 的状态即可知道。特别是弹性屈曲和几何非线性问题中的最大载荷条件，可用 $[K]+[K_G]$ 的行列式为零来表示，即 $|[K]+[K_G]|=0$

第二节 有限元法在口腔医学中的应用

1973 年，Thresher 和 Farah 几乎同时运用有限元法分别对正常牙及修复牙的应力进行分析，从而开始了有限元法在口腔医学中的应用。有限元法作为一种实用有效的力学分析方法和数学工具在口腔医学和口腔生物力学研究中得到了广泛的应用。与实验应力分析方法相比，有限元法具有分析对象可具有任意形状、载荷和边界条件；应力应变全场分析；模型根据需要随时修改；计算机及时快速处理并输出结果等特点，受到口腔生物力学研究学者的热烈欢迎。近 20 余年来，有限元法已逐步渗透到几乎口腔医学的各个领域，取得了丰富的生物力学研究成果，使口腔生物力学进入了一个新阶段。

一、在牙体结构及其支持组织应力分析中的应用

1973 年 Thresher 和 Saito 运用二维有限元法模拟上颌中切牙受侧向力时的应力状况，将其截面划分成三角形平面应变单元，结果绘出了不同截面的应力传递图。Yettram (1976) 在分析外力作用下下颌第二双尖牙牙体内的应力分布时，认为牙釉质内的应力大于牙本质，位于釉牙本质界和釉牙骨质界处的牙釉质有较高的应力，牙体沟裂处产生了相当高的拉应力。Atmaram (1981) 分别将牙周膜模拟为纤维性结构及连续性结构，认为两种模型牙体内的应力分布几乎相同，差别主要在牙槽骨内。Rubin (1983) 运用三维有限元法对牙体结构进行分析，模型设计考虑了牙体的非均质性及不对称性，发现牙釉质出现最大纵向应力，而釉质内的侧向应力和牙本质的应力比二维模型的应力低。

Takahashi (1980) 分析不同载荷下牙周组织的受力反应，发现颈部牙周膜的应力最大，根尖次之，根尖三分之一处最小，且应力随负荷角度的增加而增加。赵云凤等 (1989) 对下颌第二双尖牙和第二磨牙牙周组织的应力分布进行研究，发现当殆面受斜向近中载荷时，颈部近中受到拉应力，颈部远中受到压应力，根尖远端应力较集中；垂直载荷时，应力分布则较均匀。

在研究牙槽骨中，学者们认为，当支持骨组织减少时，牙周组织的应力有增大的趋势。Reinhrdl 等 (1984) 将嵴顶分别设计为距釉牙骨质界 2、4、5、8mm，发现当牙槽骨高减少 60% 时，牙周膜应力有较大变化，增大了 2.85 倍。周书敏 (1984) 发现当牙槽骨高度减少 1/3 时，其牙周膜和牙槽骨内应力明显增大；牙槽骨减少 2/3 时，支持组织的应力急剧增大，为正常的 10 倍。朱希涛 (1989) 发现当牙槽骨吸收 1/2 时，第二双尖牙近缺隙侧牙槽嵴顶和近中根尖处的应力值分别提高了 133.7% 和 56.19%。

二、在牙体缺损修复应力研究中的应用

DE Vree (1983) 对三种不同形状的 I 类洞进行了有限元分析，Morin (1988) 的研究表明：有髓腔的牙体制成洞形未修复时，剩余的牙体结构有明显的应力传递，在洞形底部和髓腔之间特别明显，充填后的应力分布与未充填时相似。周书敏 (1987) 通过对不同大小 I 类洞充填时牙体组织的应力分析，发现洞形越深、越大时，牙齿的抗力性越差。Farah (1975) 用不同垫底材料或不同厚度的同种材料对 I 类洞汞合金充填体内应力的影响，发现垫底材料不同时，极大地影响修复体的应力分布，垫底材料较厚时，汞合金中心的应力降低。Peters (1983) 还采用轴面对称模型对充填体与牙体组织之间假设的几种界面进行研究，发现不同的界面明显地影响应力分布。

Bell (1982) 应用三维有限元法研究邻殆邻嵌体修复时应力分布状况，发现洞形的点线角处有拉应力集中的现象。

Farah (1974) 在对三种不同边缘备体全冠修复的研究时，发现不同边缘的应力主要出现在近邻

边缘处，其中凹型边缘（chmfer）展示了最小的轴向应力及剪应力，肩台斜面型边缘（shonlder with a bevel）应力较大，而凿形边缘（chisel）的应力最大。Yettram（1976）发现在向金属全冠的颊尖舌面单点加力时，有使金属冠逆时针脱离牙本质核的趋势，其颊侧边缘产生了大的压应力，舌侧边缘产生了大的位应力。

Farah（1975）分析了几种不同设计金属烤瓷冠的表面和内部应力，发现当载荷方向与牙体长轴成30度角时，牙龈水平特别是修复体与牙体组织的界面产生了极大的拉应力，并大大超过粘固剂的抗张强度。Anusavice（1987）将金冠设计为金瓷对接式边缘（bull—jninl），分别考察金属基底冠料、厚度对应力分布的影响，发现在轴向载荷时，修复体唇舌边缘产生压应力，并认为基底冠合金类型、厚度对修复体边缘瓷及粘固剂应力的影响极小。

Davy（1981）比较了桩冠修复时桩直径、长度及椎度对应力分布的影响发现直径大的桩减小了应力，桩长度对弯曲应力的影响较桩直径的影响小。Peters（1983）发现桩的直径大、长时，有利于减小应力。国内尹亚梅（1990）采用三维有限元法对烤瓷桩冠修复时，其金属桩核是否具有增加牙齿抗力作用进行了研究、发现无金属桩核烤瓷冠修复时，其牙本质及瓷修复可能产生折裂；而金属桩核能显著地提高牙齿的抗力性。

三、在固定义齿修复力学中的应用

自70年代中期起，国内外的一些学者开始将有限元法应用于对固定义齿修复的研究。

Takahashi（1978）对下颌固定义齿应力分布进行研究，发现垂直载荷下，固定义齿有下沉的趋势，双尖牙基牙的应力比磨牙高，双尖牙固位体的近远中部分及磨牙固位体的近中份出现应力集中。赵云凤（1989）对下颌第一磨牙缺失的固定桥进行七种垂直向和两种斜向受载时，基牙牙槽骨的应力进行定量分析，并绘出牙周组织应力的曲线图，认为无论是轴向或斜向载荷，双尖牙牙周组织的应力均较磨牙牙周组织的应力大。尹亚梅（1986）对修复前后下颌的牙固定桥基牙牙周组织的应力分析进行研究，发现修复后的双尖牙应力略增加，面磨牙牙槽骨的应力分布较均匀，桥体连接体处有应力集中现象。Hood（1975）对倾斜的第二磨牙为基牙的下颌固定义齿修复前后应力分布进行研究，发现固定桥修复后改善了倾斜基牙支持骨内的应力状态。朱希涛（1989）分析了牙槽骨吸收达根长1/2的受载应力分布，指出基牙牙槽骨应力明显增大。Wright（1979）（34）设计了以下颌第一、第二双尖牙为基牙的单端固定桥，发现两基牙牙周膜同时产生压应力和拉应力，其应力值小于单基牙的单端固定桥。1991年唐亮、赵云凤应用二维有限元法分析固定桥基牙牙周膜及桥体下粘膜和牙槽骨的应力分析。1992年朱智敏应用三维有限元法分析了下颌第二磨牙缺失的单端固定桥修复后应力分析。

四、在可摘局部义齿修复力学中的应用

Craig（1978）设计了第二双尖牙上的远中𬌗支托，I型卡环游离活动义齿，在不同方式加载时，基牙及牙周组织的应力状况，发现义齿基托与粘膜间的关系是影响应力分布最重要的因素。Maeda（1984）制作了上颌双侧游离缺失部分活动义齿第一磨牙区的横切面模型，其中包括了大连接体、粘膜及支持骨组织，考察各结构在不同载荷下的应力和位移。发现向𬌗堤颊面加载时，义齿基托出现最大位移；向𬌗堤中份加载时（相当于轴向载荷），大连接体的应力分布最均匀。王雅北（1989）运用二维有限元法探讨了𬌗支托凹底面的合理斜度，发现下颌第二双尖牙的𬌗支托凹斜度在15度左右、下颌第二磨牙在24度左右最佳。

五、在全口义齿修复后应力分析中的应用

在全口义齿修复后，𬌗力作用于人工牙并通过人工牙基托作用于基托下支持组织上，全口义齿承受𬌗力能否稳定地行使功能，其支持组织力学反应如何，外力又是如何影响这种反应，便成为有关学者关注的焦点。周敬行（1989）用三维有限元法对上颌全口义齿基托进行分析，发现拉应力集中在前牙区，压应力集中于腭顶部。张少锋（1989）对上颌全口义齿及其支持组织进行应力分析，发现上颌全口义齿在正中𬌗垂直向𬌗力作用下，其各部分的位移均小，说明上颌骨组织具有一定的强度和刚

度，义齿所受𬌗力主要以压应力形式传递到上颌骨，最大压应力集中在牙槽嵴，特别是前牙区和前磨牙区的牙槽嵴上。Maeda（1989）模拟上颌全口义齿下面的骨吸收及吸收后义齿基托衬垫的影响，结果发现：骨吸收自牙槽嵴顶和唇侧开始，波及到腭部；着力点唇向移动时，吸收增加；着力点在腭侧时，衬垫后几乎不吸收。认为骨吸收可能与牙槽骨所受到的压应力有关，并提出义齿调𬌗，前伸和侧向运动时保持平衡𬌗的重要性。杨永丰、胡国瑜（1992）采用三维有限元法分析下颌全口义齿受力情况，发现其承受𬌗力时，最大压应力分布于后牙牙槽骨顶及其颊侧区以及前牙的舌侧中线处，向前牙区唇侧主要受到的是拉应力。证明良好的前伸及侧向𬌗平衡，可减轻义齿的变形及应力集中状况，而且改善牙槽骨表面的压应力集中水平。

六、在种植体生物力学相容性研究中的应用

生物力学相溶性是口腔种植义齿成功与否的一个至关重要有因素，1976 年 Wein Stain 等应用二维有限元法分析了多孔圆柱状种植体界面的应力分布，使有限元法引入口腔种植领域，使种植义齿生物力学研究进入了一个新阶段。自 1976 年以来，国内外不少学者应用二维、三维有限元法研究种植义齿的力学机制，内容涵盖单个种植义齿周围骨组织应力分布，种植固定义齿应力分布及种植覆盖义齿应力分布等对象。Cook（1982）用二维有限元法对孔状 Co-Cr-Mo 合金牙种植体的应力进行了研究。Borcers（1983）对不同阶段牙种植体界面进行研究，发现种植体颈部技术骨的应力值高，其周围的皮质骨或结缔组织能减小应力值。王少安（1989）研究了四种不同几何形状的骨内人工种植牙-骨界面的应力分布、界面刚度的影响，及生物活性陶瓷-钛金属复合种植牙在植入后不同时期骨界面的应力分布。Rieger（1990）分析了不同种植体周围应力、应变与骨重建的关系，认为应力值过高或过低，都将导致骨组织的病理性吸收或萎缩。近年来又有学者开始考虑到生物组织的各向异性，尝试对种植义齿的应力分布作三维各向异性有限元分析。有限元法在口腔种植义齿应力分布研究中的广泛应用和深入发展，已使人们对种植义齿及其周围骨组织中的应力分布有了更深入的认识。

七、在正畸力学中的应用

1980 年 Takahashi 等学者采用二维有限元法研究了正畸牙对载荷的力学反应，研究了牙的挠曲变形、牙周膜应力分布、转动中心等。发现水平加载时应力最大，牙转动中心在根中与根尖 1/3 交界处附近。1986 年宫坂等建立了颅面复合体的三维有限元计算模型，Tanne（1983，1988，1989）用三维有限元法对错位牙加力矫治时牙周组织的应力进行分析，发现当牙倾斜移动时，从颈部到根尖的应力分布不均匀；牙横向移动时，拉应力和压应力同时出现。并应用宫坂模型研究了后牵引矫治力及前牵引矫治力在颅面复合体的力学效应。

八、在颅、颌系统力学分析中的应用

Tanne（1989）对颅-颌系统进行的有限元分析及 Farah（1988）对牙列完整的下颌骨模型的分析，均提示了加载条件是影响应力分布的重要因素。刘寒冰（1987）通过人体下颌骨折的有限元分析、计算出的主应力迹线与下颌骨骨小梁的排列方向一致；剪应力、大的应力区或应力梯度变化剧烈的地方，如髁颈部、下颌角及第三磨牙区是骨折多发区。

目前有限元法已从原来简单的二维分析发展到三维分析、结构的优化设计、材料的非线性、各向异性、粘弹性分析等，从固体力学扩展到流体力学、热传导等其他力学领域，从结构分析扩展到非结构领域分析，从工程力学问题扩展到生物力学问题等的研究。随着电子计算机的高速发展，有限元法已逐步发展成为一种有效的应力分析手段，并受到人们高度广泛重视。并在口腔医学研究特别是口腔生物力学研究中得到越来越广泛的应用。

（陈新民）

参考文献

1. 同济大学理论力学教研室编. 理论力学. 北京：高等教育出版社，1979. 6～50
2. 梁治明，丘侃，陆耀洪. 材料力学. 第 2 版. 北京：高等教育出版社，1984，4～100
3. 冈小天. 生物流变学. 北京：科学出版社，1989. 6～90

4. J. 阿里费尔. 实验应力分析手册. 北京：机械工业出版社，1985. 450～550
5. 刘锡礼，王秉权. 复合材料力学基础. 北京：中国建筑工业出版社，1984. 4～60
6. A. K. Малмейстер 著，刘统畏等译. 聚合物与复合材料力学. 北京：新时代出版社，1988. 6～70
7. 陈新民，赵云凤. 人体下颌骨的弹性. 生物医学工程学杂志，1990，7（4）:293
8. 陈新民，赵云凤. 不同状态人体牙槽骨的弹性性质. 口腔材料器械杂志，1993，2（1）:6
9. 黄金芳主编. 口腔正畸学. 北京：人民卫生出版社，1988. 79～80
10. 赵志河. 上颌复合体及上颌牙弓阻力中心位置研究. 口腔正畸学杂志，1994，1（1）:15～17
11. 赵云凤. 口腔生物力学. 北京：北京医科大学中国协和医科大学联合出版社，1996. 1～132
12. 陈新民，赵云凤. 人牙周韧带生物力学的体外研究. 上海口腔医学，1994，3（1）:30
13. 赵云凤，等. 载荷方向对铸造陶瓷全冠应力分布的影响. 电子科技大学学报，1997，26（增刊）:156～159
14. 姚北荣主编. 生物力学进展. 成都：成都科技大学出版社，1996. 536～539
15. 王华蓉，等. 提高铸造陶瓷全冠粘接强度的研究. 华西医科大学学报，1998，29（3）:278～280
16. 王雅北. 用有限元方法探讨船支托底面的合理斜度. 中华口腔医学杂志，1992，27（1）:48～50
17. 赵云凤，等. 牙周病矫形治疗的临床观察（附 115 例分析）. 华西口腔医学杂志，1983，1（2）:15～17
18. 康宏，易新竹，陈孟诗. 人体颞下颌关节盘拉伸力学实验研究. 华西口腔医学杂志，1998，18（3）:253～255
19. 康宏，易新竹，陈孟诗，等. 人体颞下颌关节外侧壁复合结构生物力学研究. 生物医学工程学杂志，1999，18（1）:25～28
20. 康宏，易新竹. 关节软骨的结构、代谢与颞颌关节疾病的关系. 国外医学·口腔医学分册，1996，23（3）:170～172
21. 康宏，易新竹，李晓箐，等. 人体颞下颌关节盘胶原构筑与力学性能关系. 华西口腔医学杂志，1998，18（3）:251～252
22. 焦岩涛，王大章，田卫东，等. 人胚 TMJ 软骨细胞培养及生物学特性研究. 华西口腔医学杂志，1997，15（3）:187～189
23. Yamaguchi, et al. Effect of tension force plasminogen activator activity from human periodontal ligament cell. J Periodontal Res. 1997, 32 (3):308
24. Yamaguchi, et al. Effect of different magnitudes of tension force on alkaline phosphatase activity in PDLC. J Dent Res. 1996, 75 (3):889
25. Matsudu N, et al. Role of epidermal growth factor and its recepter in mechanical stress-induced differentiation of human PDLC in vitro. Arch Oral Biol, 1998, 43:987
26. Ashman R B, et al. A Continuous wave technique for the measurement of the elastic properties of cortical bone. J Biomech, 1984, 17:549
27. Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. Am J Orthod, 1984, 85 (4):294～307
28. Vanden B, Dermaut LR. Location of the centers of resistance for anterior teeth during retraction using the laser reflection technique. Am J orthod Dentofac Orthop. 1987, 91 (5):375～384
29. Tanne K. Moment to force ratios and the center of retation. Am J Orthod Dentofac Orthop, 1988, 94 (5):426～431
30. Burstone CJ, Application of bioengineering to clinical Orthodontics. In: Graber TM and Swain BF, eds. Orthodontics: Current principles and techniques. St Louis: CV Mosby Co. 1985. 193～227
31. Proffit WR and Fields HW. Contemporary Orthodontics. St Louis: CV Mosby Co. 1986. 289～315
32. Teuscher U. An appraisal of growth and reaction to extraoral anchorage. Am J Orthod, 1986, 89 (2):113～211
33. R Nanda. Biomechanics in Clinical Orthodontics. Philadelphia: W B Saunders Co, 1996. 23～217
34. Richard J, et al. Comparison of vertical movement occurring during loading of distal-extension removable partial dentures base made by three impression techniques. J Prosthet Dent, 1992, 62 (2):290～293
35. Bo R Rangert, Richard M Sullivan, Torsten M. Jemt "Load Factor control for implants in the posterior partially Edntulous segment". J oral Maxillofac implant, 1997, 12 (3):367～370
36. English CE. Extremilly hexed implants, abutments and transfer dervices: a comprehensive overview. Implant Dent, 1992, 1 (2):273
37. Binon P, Sutter F, Benty K, et al. The role of crews in implant systems. Int J oral Maxillofacs implants (special supplement), 1994, 4 (1):48
38. A Nanci, J. D Wuest, L. Peru etc. Chermical Mocification of Titanium surfaces for covalent attachment of Biological molecules J Biomed Mater Res, 1998, 40 (2):

324～335

39. Hyun-Min Kim, Fumiak Miyaji, Tadashi kokubo, etc. Preparation of Bioactive Ti and its alloys via simple chemical surface treatment J Biomed. Mater Res, 1996, 32 (3):409～417
40. Weinberg LA. The Biomechanics of force distribution in implant: supported prostheses. INT J oral Maxillofac implants, 1993, 8 (1):19
41. Kinni ME, Hokama SN, Caputo AA. Force transfer by osseointegration implant devices. INT J oral Maxillfac implants, 1987, 2 (1):11
42. JE Davies. The Bone-biomaterial Interface. Toronto Buffalo London: University of Toronto press, 1991, 111～119
43. E Schepers. Overdentures on oral implants. Beligium: Leurven University press, 1991, 99～128
44. Kapila S, Jee C, Richards DW. Characterization and identification on proteinases and proteinase inhibitors synthesized by TMJ disc cell. J Dent Res, 1995, 74 (5): 1328
45. Insuka SI, Niwa KI. Direct measurement of the TMJ loading in monkey using a micropressure senor composed of hydroxyapatite/lead-zirconate-titanate laminated ceramics. Dentistry in Japan, 1998, 34 (1):81～83

第十三篇

CHINESE STOMATOLOGY

口腔医学美学

主编　陈扬熙

作者　包柏成　郭天文　潘可风　陈扬熙

第一章 概 述

口腔医学美学是80年代后期，在我国医学美学问世后，新兴的一门边缘学科，是医学美学的一个重要分支。口腔医学美学是以维护、修复和塑造人体形态美、健康美、增进人的生命活力和提高人的生命质量的一门学科。口腔医学美学中有关美学的基本原理、审美法则、审美心理及美育方面的内容是其学科形成的基础。学习口腔医学美学正是为了将美学原理和知识运用到口腔医学领域中，以指导口腔医疗实践。

本章试从美学、医学美学及口腔审美渊源等几方面的基础理论知识作一概括性阐述。

第一节 美与美学

一、美和美的本质

美，是令人神往的，两千多年来许多哲学家、美学家、艺术家、伦理学家殚精竭虑去探索美，进行了孜孜不倦的研究。

早在古希腊时代，柏拉图提出了美在于“理念”；亚里斯多德认为美在“形式”。古罗马的哲学家普罗丁认为“美就是完善”。法国十八世纪美学家狄得罗提出了“美在关系”。英国经验主义美学家博克认为“美是愉快”。德国美学大师黑格尔提出了“美是理念的感性显现”。俄国车尔尼雪夫斯基给美下了著名定义“美是生活”等等。

在我国古代对美也有不少解释，从最早的文字记载中写有：

“美，甘也，从羊从大，羊在六畜之主给膳也。”古代认为美首先是又香又甜又好吃的意思，是指美味甘味等。美是“羊”加“大”而形成。人类最早饲养的动物不是猪、狗，面是羊。在原始部落，羊对人有很大实用价值。羊肉、羊奶是美味可口的主食。羊皮、羊毛是御寒上品。羊是富裕美满生活的象征，同时也是大自然被征服的象征，羊和人加在一起就美。我国古代不少思想家如老子、孔子、墨子、庄子也都是直接谈及美，常常把美和善（道德）联系起来，认为美是一种和谐。《乐记》《诗经》等均有记载。曰：“韶（一种古代音乐），尽善也，又尽美也”。

人类崇尚美、追求美、享受美、创造美，因为美能引起人们一种特定的情感反映。给人以特定的审美感受，换句话讲；美的事物能引起人们的喜悦，产生审美愉快的情感。美是由人的感情产生的，感情是外界事物影响的结果。

美也是人的社会意识，它是社会存在的反映，也是客观存在的，但是只有一定的审美能力的人才能欣赏美。

二、美的基本形态和美学

（一）美的基本形态

美的基本形态大致可分为自然美、社会美和艺术美。自然美和社会美常又合称为现实美。

1. 自然美　自然美是（指未加工的或已加工的）自然事物的美。如山水花鸟的美，在于他们自然属性：形态、颜色、质感、线条等。雄伟的泰山、险峻的华山、奇特的黄山、秀丽的峨嵋、幽深的青城无不引人入胜、令人神往。它们的自然特征使人产生美感。苏轼赞美西湖“水光潋滟晴方好，山色空蒙雨亦奇；欲把西湖比西子，淡妆浓抹总相宜”。自然美一方面离不开自然本身的性质，离不开自然事物审美的外在形式，如色彩、线条……、另一方面也离不开它的主体——人，如果自然离开了人，也无所谓美不美。

2. 社会美　是相对自然美而言的，是指现实生活中社会事物的美。人类社会实践的产物，它包含了社会产品之美、社会风尚及道德之美、生活居住环境之美、人体服饰之美。在现实生活中自然美和社会美常常交织在一起。譬如公园中的亭、台、楼、阁属于社会美，面花、草、树、木虽然经栽培仍可属自然美。社会美重在内容，这表明人物形象的美十分注重内在品质、精神、灵感的美，当然也考虑外在形式的美。如果能达到内容与形式的一致，那就更美。

3. 艺术美 是艺术作品的美。艺术美来源于客观现实生活，是艺术家创造性劳动的产物，比生活更集中、更强烈、更典型、更理想。艺术美可以高于现实美。艺术家可以按照“美的规律”进行艺术创造。

意大利艺术家米开朗琪罗，在梅提契墓前塑造了四个石雕像，其中一个睡着的女雕像尤为出色。在雕像底座上写着：“只要世上还有苦难和羞辱，睡眠是甜蜜的，要能成为顽石，那就更好，一无所有、一无所感，便是我们的福气，因此别惊醒我。啊！说话轻些吧！”作品反映了当时人民对社会人性压抑的愤怒和不满，反映了那个时代的精神状况，成为时代的一面镜子。为了表现作品主题，故意改变人体正常比例，把雕像的躯干和四肢加长，上半身向前弯，眼眶深陷，像攒眉怒目的狮子，背上的筋和背骨扭在一起，像拉得太紧快要断裂的铁索。通过艺术夸张，作品典型地表现了人们对黑暗社会的不满，但又无法逃避现实的复杂心理。

（二）美学

美学真正作为一门独立的学科是仅仅几百年的事。是在社会的物质生活和精神文化生活的基础上产生和发展起来的。

1750 年德国著名的哲学家鲍姆嘉通（Baumgarten）在关于“诗的哲学沉思”中首先提出 Aesthetica 这一概念。Aesthetica 这一名称源于希腊文 Aesthetik 原义为用感官去感知。汉译应称之为“感觉学”。但因当时的中国学者是直接由日文“びかく”转译而来。“びかく”中文意译为“美学”，所以一直沿用至今。鲍姆嘉通从建立完整人类知识体系出发，提出人类心理功能有知、情、意三个方面。“知”的专著为逻辑学。“意”为伦理学。“情”则是研究朦胧认识的学科。他采用 Aesthetica 这一术语加以阐述。也就是我们目前所说的“美学”。由于鲍姆嘉通第一次建构了这门学科，较系统阐释了它的研究对象，所以国际上公认美学作为相对独立学科体系，是从鲍姆嘉通的建树后才算正式形成。以后，不少近代、现代哲学家，美学家如黑格尔、车尔尼雪夫斯基等又从不同角度更深入进一步阐述和发展了美学，并形成各种不同的流派与观念，使美学理论更趋完整和系统。

第二节 形式美及其主要规律

形式美是指生活、自然中各种形式因素，如色彩、线条、形体、质感等的有规律组合，由这些规律如对称比例、均衡、节奏、多样统一等所显示出来的审美特性。任何事物的美都是通过外在形式表现出来的，如五彩缤纷的色彩、悦耳动听的声音，造型宜人的线条等。美的形式总是为一定内容服务的，相同形式也可能显示不同的结果。例如曲线是最美的线条，蜿蜒曲折的小径，曲径通幽确实很美。然而如果画面上是一条弯曲的毒蛇就不是美。蓝宝石所闪耀的绿光是很美的，但在黑夜里看到狼眼发出的绿光给人们是一种恐惧，而并不是美。

有些形式因素可以唤起一定的联想效果，达到某种特殊感受。例如色彩是形式美的重要因素，一般人认为红色是一种热烈喜庆的色彩。人们在生活中常以红色联想到节日的彩灯、炽热的火焰……而绿色是宁静舒适的色彩，它使人联想到绿茵的草地、幽静的树林……。黄色是明朗的色彩，它使人联想到耀眼阳光、明亮的灯光……。白色是整洁的色彩，也可使人联想到白衣战士、医院、病房……。在线条方面也有不同特性，直线表示刚劲挺拔；曲线表示柔和；水平线表示寂静、安定；波浪线表现轻松流畅。在形体方面由于形状差异也会使人产生不同感受、联想。如圆形柔和、方形刚劲、正三角有安定感、倒三角有倾危感等。当然由于文化素养不同，生活条件的差异，对同样形式可以产生不同感受和联想。

人类在创造美的活动中，不仅熟悉和掌握了各种形式因素的特性，而且对各种形式因素之间的联系加以研究总结出各种形式美的规律。常见的形式美主要有以下几种：

（一）单纯齐一

或者叫整齐一律。这是最简单的形式美。“单纯”指因素中见不到明显的差异和对立。如单一色彩、单一形体。单纯能使人产生明净纯洁的感受，譬如蔚兰的天空。

“齐一”也叫反复。是同一形式连续出现，呈现一种整齐美，如等距同形的栏杆等。

（二）对称均衡

“对称”指以一条线为中轴，在左右两侧或上

下两部均等。我国故宫三大殿是一种典型对称古建筑，它以中央通道为中轴，两部分间具有等高、等宽、等长特点。

"均衡"指中轴两侧的形体可以不同，但两侧大体相当。均衡是对称的变体。舞蹈动作中定格、盆景中山石大多体现出均衡。

（三）调和对比

"调和"是指在差异中趋向于"同"（一致）。即把两个相近的东西并列，如色彩中红与橙、蓝与青等都是相近色彩，同一色彩的深浅、浓淡也属于调和，调和使人感到协调。

"对比"是指在差异中倾向于"异"（对立），把两种不同的东西放在一起，使二者对比强烈，有时可以用一种衬托出另一种使之醒目。"万绿丛中一点红"；红与绿形成对比，使红显得更红。

（四）比例匀称

"比例"是指一件事物整体与局部，以及局部和局部之间关系，比例匀称才能引起美感。我国山水人物画中比例有"丈山、尺树、寸马、分人"说法。画人体应有"立七、坐五、盘三"的比例参数。最有名的比例——黄金分割，能引起人们最大的美感。

1. 黄金比（golden section） 又称黄金分割。是在公元前六世纪古希腊哲学家、数学家毕达哥拉斯（Pythagoras）通过按不同比例折一木棒，多次比较，发现短段与长段之比为 1:1.618 = 0.618 时最美。古希腊美学家柏拉图（Plato）将此比称之为黄金分割。黄金比公式 a:b = b:（a + b）。欧洲人将此比例关系广泛应用于建筑、生活和生产等领域。古希腊雅典的巴特农神殿的大理石柱和神庙之间比例符合黄金比，显得美观、庄重、严肃。古埃及的胡夫大金塔，其高度和底边长度也符合黄金比。有人测量古希腊美神维纳斯头顶至肚脐:肚脐至脚底 = 1:1.618。现代生理学研究发现，凡是美的形象刺激所产生的脑电波是 β 波，而此波的低与高频的比值近似 0.618，说明黄金比所产生的美的思维反应有一定生理学基础的。

2. 关于 $\sqrt{2}$ 规律 随着佛教的引进，$\sqrt{2}$ 规律逐步影响和渗透进日本文化。日本不少庙宇结构其矩形布局的长宽比常为 1:$\sqrt{2}$ 的比例关系。Nakajima 报告测量日本美丽妇女其面部存在 $\sqrt{2}$ 规律。

总之"匀称"的概念，其本质就是包含一定的合适比例关系。

（五）节奏韵律

"节奏"是指相同的间隔重复出现的形式因素。自然界中和生活中都存在节奏。如春、夏、秋、冬的循环；昼夜的交替；心脏的搏动等。节奏能引起视觉、听觉的快感，增强艺术品感染力，减少单调感。

"韵律"是在节奏基础上赋予一定的情调形成韵律，韵律更能给人以情趣，满足人的精神享受。

（六）多样统一

又称和谐。这是形式美的高级形式。

"多样"体现了各个事物的个性的千差万别，"统一"体现了各个事物的共性或整体联系。多样统一的形成是和人类自由创造内容的日益丰富相联系的。多样统一是把多种因素有机组合在一起，既不杂乱、又不单调，显得有秩序和活泼。这一规律包含了对称、均衡、对比、调和、比例均称等因素。它是在变化中求统一；参差中求整齐。可以说是一种"不齐之齐"的形式美。

第三节 口腔医学与美学的结合

一、口腔医学美学的历史渊源

口腔医学与美的关系十分密切。在人类原始的装饰品、牙齿保健和对龋齿的最初认识中，已经孕育着朦胧的美学哲理。例如原始部落的人从大自然和动物身上得到启发，将兽牙钻孔穿绳，挂在脖子上，这便是人类最早的"牙型项链"。在北京周口店发现了旧石器时代山顶洞人用兽牙制作的女性装饰物。日本考古专家在绳文时代的新石器文化遗址也发现有把动物牙齿凿上眼，或用石头磨成牙齿形态，钻孔制成的项链。这些现象反映了，牙齿在造型上美观别致、质感上玲珑剔透、色彩上鲜明调和的美学特质，早已和古人质朴的审美趣味融汇在一起。在殷商出土的甲骨文中有 ，即为齿字，此字表示口腔里长了牙齿的形象。还有二十几种象形疾病的名称，其中"龋"字不仅与出土的几颗龋齿相互映证，而且字的形象呈现出微妙和谐的形式美规律：左右对称，错落疏朗，多变有致，格局整齐，严正端庄，形神兼备。这是历史上最早的龋齿病理审美记载，也是美学思想在人类文

化的第二载体——“文字”上的具体表现。

《庄子·盗跖》篇说：“唇如激丹，齿如齐贝”。贝即是古人常用的装饰品，又是一种货币。以贝喻齿，可见当时人们把牙齿放在一个很重要的位置。

古人懂得牙齿在人体美中的重要性。我国第一部诗歌总集《诗经·卫风》中就有人体美必具牙齿美的记载。当时形容美貌女子“齿如瓠犀”，就是形容牙齿长得像葫芦子一样方正洁白，排列整齐。

齿在某种意义上又是年龄的代名词，生命的象征，“龄”字的造型即起源于齿。《礼记·文王世子》曰：古者谓年为龄，年少者称“幼齿”，成年称“壮齿”。《辞海》中以齿字为偏旁的字，可专门表示年龄：“龆”、“龀”用以指童年（乳、恒牙替换时期）。古代聚会还有按龄“序齿”入席的习俗。因此，“齿”字又体现了地位和尊严，象征着生命。

我国很早就十分注意牙齿的健美。公元前1100年的西周时期《礼记·内则》中记载：“鸡初鸣，咸盥漱”，说明当时就有早起漱口洁齿的卫生习惯。公元前500年汉代简帛医书《养生方》中有“朝夕啄齿不龋”等维护牙齿健美的描述。有个典故叫“漱石枕流”，说的是晋人孙楚年轻就想隐居，对王济打了个比喻，说他打算“漱石枕流”。王济以为他说错了，应是“枕石漱流”。孙楚回答说：“枕流，是用溪水洗耳；漱石，欲励其齿。”这里实际上包含着一种叩齿和按摩壮齿的牙齿健美原理。《史记·扁鹊仓公列传》中记载，龋齿病因是“得之风，及卧开口，食而不漱”。我们祖先早在2000年前就认识到饭后不漱口同龋齿有关，这也是牙齿健美史上绚丽的一页。

揩齿，是维护牙齿健美的一种古老的方法，常用的工具有杨柳枝条、手指、布块等。杨柳枝揩齿，在我国始于何年，很难考证，据说是随佛教传入中国的。早在东汉《佛说温室洗浴众僧经》中就有将杨柳枝条打扁成刷状，用时蘸药擦揩牙而的记载；《北史·真腊传》记载真腊国（今柬埔寨）有“每旦洗澡，以杨枝揩齿”；《大唐西域记》中也说印度“馔食即讫，嚼杨枝而为净”。当时“杨枝”是佛教僧侣的专用品，且在士大夫阶层中使用，民间并不流行。到了唐代，医著中开始有了杨枝揩齿具体描述的文图记载，如医学家王焘在著作中说：“每朝杨柳枝，点取药揩齿，香而光洁。”

晚唐时期敦煌壁画《揩齿图》，十分形象地显现了古人清洁牙齿的习俗和方法；《疲劳叉头圣图》上画着一个和尚，蹲在地上，左手拿着漱口的水瓶，右手中指在揩他的前齿。

北宋孙穆出使高丽（今朝鲜），写了一篇《鸡林类事》，其中记载当时高丽语“齿刷曰养枝”，这个“养枝”，即佛教中的“杨枝”。

在西方，据载是亚历山大大帝最早使用一块布揩齿。

剔齿也是古人常用的口齿健美的方法，所用的小工具就是牙签。据说我国使用的牙签是伴随佛教由印度传入的。从史料上看，牙签较早的名称叫“剔齿签”，见于晋代文学家陆云写的一封书信中。后又出现“剔牙杖”、“牙杖”等名。

牙签多用柳木制成，古人认为柳木“柔不伤齿”，故牙签又有“柳杖”之称。事实上古代牙签所用的材料也有许多种类。出土文物中所见三国时期吴国的金牙签已有1700多年历史，呈龙形细长，形象十分生动，制作极为精细，既是剔牙的口腔卫生用具，又是一件稀世的艺术珍品。它的发现在我国口腔医史上具有重要意义。清代挂式剔牙签，曾流行很长一段时期，它是我国一种独特口腔卫生用具。挂式牙签常在金属链上配有饰件，有花鸟、寿星，或镶上翡翠、玛瑙等各种宝石，既有实用价值又有审美意义。

牙签的利弊，多有争论。不过，现代药物弹性牙签将不失为一种极有发展前景的护齿美容工具。

清代以前，洁牙剂主要以盐为主，再在盐内加些中药装入瓷瓶中加热炮制。这是一种经消毒而应用的洁牙剂——牙粉。民国时期流行的牙粉又加了一些香料。解放后牙膏使用日益增加，已没有人使用牙粉，这也是我国口腔卫生一大转变。

1954年，我国考古学家在内蒙古赤峰大营子村清理距今1000多年的辽墓时，发现墓葬中有两把古代骨制牙刷，牙刷头部为两排共8个植毛孔。“牙刷”一词的出现，在我国始于元代。当时牙刷仅在上层社会中使用，同时有人设立专卖牙刷的铺子。牙刷产地大都在南京，而且价钱昂贵，所蘸药物，除食盐外还有几味其他药物制成。元代诗人郭玉曾写过一首咏牙刷的诗，题为《郭恒惠牙刷得雪

乐》，其中有这样两句："南洲牙刷寄来日，去腻涤烦一金值"，说明此时牙刷已开始在社会上流行了。当时的马可·波罗将中国植毛牙刷带回西欧，自此植毛牙刷又向世界各地广为传播。

1770年，美国伦敦皮匠威廉·曼迪斯因煽动骚乱被监禁在新盖特监狱。一天早晨洗过脸后，他和当时大部分人一样，用一小块布擦牙。曼迪斯感到这种方法太麻烦，便想出一个主意，吃肉时留下一块骨头，在一面钻一些小孔，又向看守要了几根猪鬃，切断绑成小簇，一头涂上胶，嵌到骨头上的小孔中。据西方书籍记载，这是人类历史上第一把具有现代外形的牙刷。19世纪中叶，牙刷在法国正式投产，不久在全球推广。20世纪初、中期出现了塑料柄尼龙牙刷。随着科技的发展，牙刷不断得到改进，许多新型牙刷相继问世。如中国的磨毛保健牙刷，英国的雪糕牙刷，瑞士的电动牙刷，日本的电离子牙刷和太阳光动力牙刷，美国的抽吸牙刷和喷水牙刷，法国的音乐牙刷等等。

牙齿的缺失，不仅影响正常咀嚼和发音，在某种情况下也影响了面容的健与美。因此在我国很早就研究如何恢复牙齿的外形或用义齿来替代。据考，我国在宋代已有这方面的记载。陆游《岁晚幽关》的诗中有："卜家治棺输我快，染须种齿笑人痴"，并注有："近闻有医以补堕齿为业者"。《赠种牙陈安上文》谓："陈生术妙天下，凡齿有堕者，易之一新，才一举手，便使人保编贝之美。"看来当时的义齿修复已较常见。欧洲在18世纪才有人将人牙、河马牙、象牙、牛骨等制成义齿修复体，大约比宋朝晚700多年。

12世纪，用中药美容牙齿得到发展，如《太平圣惠方》第二十四卷口齿诸门中，列有治齿黄黑诸方五道，揩齿令白净诸方九道等，主要涉及牙齿美容；金元时期的《瑞竹堂经验方》收载了用于唇齿美容的"刷牙药"、"沉香散"、"神仙光唇散"；《东恒试验方》也载有"白牙散"，等等。

综上所述，不难看出，我国口腔医学在审美观念方面历史源远流长，在不同时期都有新的闪光点显现，是很值得我们发掘和研究的。这些逐渐发展起来的对口齿疾病的预防方法和粗浅的审美观念，与人类按照自身需要而产生的爱美倾向相结合，反映了人类对牙齿健美质朴的追求，从而奠定了口腔医学美学思想的基础。

二、当代口腔医学美学在我国的发展

医学与美学是一个古老而又十分年轻的课题。口腔医学是医学中的重要分支，我国口腔医学美学的发展是在医学美学大学科的诞生和促进下发展而来的。翻开中外医学和美学史卷，人们可以看到无论是中国的春秋时期还是西方的古希腊时代都有不少朴素的医学审美思想的萌芽。但是很长时期来并没有把医学与美学结合成一门独立的医学美学学科来研究。

现代科技的飞速发展和社会美感的需求日益增长，使当代医学工作者透过古典美学的层层面纱领悟到一个早已存在却被自身长期忽视的领域。美并不仅有令人赏心悦目的外在形象；也不只是表现在直觉上的外在美感，它同时具有深刻的内涵和理性的思想。近年来，由于我国医学界和应用医学界的广大专家和学者共同刻苦钻研和努力探索，医学美学得到前所未有的发展。

80年代是我国医学美学发展和研究的高潮。无论是规模范围还是深度和广度都超过以往任何时期。医学美学作为一门独立学科已初见端倪。

医学美学能在20世纪80年代开始成为一门独立学科也是社会发展需要，是医学与美学在新的医学模式的宏观背景下交叉和结合。它产生的背景有以下几个方面因素：

（一）健康概念的更新

传统医学的观念认为"健康"，只是意味着"不发烧、不昏迷、不疼痛"。我国1979年出版的辞海中还解释：健康是指"人体各器官系统发育良好、功能正常，体质健壮，精力充沛，并且有良好劳动效能的状态"。但世界卫生组织早在1948年的宪章中就指出："健康是躯体上、心理上和社会适应上的一种完美状态，而不只是没有疾病和衰弱现象"。我们的观念落后了世界30年，必须有所更新。

（二）现代医学模式的转变

生物医学模式从哈维（1578—1652）发现血循环把实验方法引入到医学以后逐渐形成。他认为每一种疾病都能在器官细胞和生物大分子上找到可以测量的形态或理化变化，都应能找到治疗手段。然而随着社会经济与科学技术的发展，随着医学本身

的不断进展，越来越多的医学事实表明，如一些心因性、社会性疾病的发生率不断升高，如果仅仅从人的生物特性方面来防治已显得越来越不够了。健康观念的更新，更导致了医学观念的变革，促使从传统生物医学模式逐渐转向现代的生物-心理-社会医学模式。要求把人类作为包括自然环境在内的生态系统的一个组成部分。从生物的、心理的、社会的多角度来综合地考察人类的健康和疾病，采取综合措施来防治疾病增进健康，从而全面认识人类的生老病死和健美幸福。

（三）对医学总体目标的重新认识

过去传统的生物医学模式，仅仅只是维护人类的生存需要，这是一个基本的目标。而新的宏观医学模式，生理-心理-社会医学模式则还要求从人的社会特征出发，满足人的生物、心理和社会等各方面的需求，即增强人的健美素质、提高生命质量。要求达到人自身的和谐、人际关系的和谐、人与自然环境及社会物质的和谐。医学美学规定了医学审美应把维护和改善人体健美作为理想目标追求、推进和提高三大和谐，是整个人类的根本目的。也是医学的根本目标。

（四）现代医学研究领域的发展需要

近年来现代医学相关学科发展迅速，不少新的医学交叉学科相继诞生，医学哲学、医学心理学、医学伦理学……等等，此时十分需要一门新的交叉边缘学科来补充医学审美目标，这样医学和美学相结合的新兴学科应运而生。

一批严肃而有追求的医学工作者，在卓有远见的老一辈帮助和支持下，开始大胆去探索医学美的现象及其规律。首先是人文医学工作者捷足先登。他们从美学角度探讨和研究了一系列医学理论问题，发表了数十篇学术论文。这些论文不仅立题新颖而且论证充分。在一定程度上起了导向作用。给当时直接在临床第一线的医师以新的启迪和更多的思维。继而口腔、整形、皮肤等各学科医务人员相继涉人，以临床医学家特有的医学实践优势，融合了哲学的思维和临床医学家的缜密，将理性审视和美感效应结合起来。从一个新的角度去研究医学实践中纷纭复杂的美的外形与内涵。开始跨越了自然科学和社会科学的鸿沟，在医学与美学结合点上去创新，去突破。从而使医学美学逐步走上理论和实践相结合的征途。

1980年代初首先循着医学美学方向去探索医学问题的是胡长鑫。1981年“医学与哲学”杂志首先发表了胡长鑫“医学美术与医学科学”一文。从美学角度谈论医学与美的关系。以后在1982年赵登蔚又在该刊物上发表了“音乐、医学及其他”及“生物化学与美学”两文。此后每年都有一系列论文与专著发表。1986年由邱琳枝主持讨论了关于把德育和美育结合起来进行教学，并着手组织编写医学美学论著。当年9月部属医学院校会议决定由丁惠孙主持负责编写另一本医学美学书稿。1988年6月由邱琳枝、彭庆星主编的我国第一本医学美学专著正式出版。为本学科的形成和发展奠定了理论基础。当年7月，在庐山会议上分别成立了华东、华南、东北等大区医学院校医学美学研究协作组，鼓励有条件院校开出医学美学选修课。此后有十余所高、中等医学院校正式开设了医学美学课。

1989年在江西宜春成立了“东方医学美学研究所”并在同年12月出版了医学美学集第一辑。

1989年4月由郭因、孙少宣发起的中华医学会安徽分会医学美学学会正式成立。成为我国第一个省级医学美学学术团体。同时由孙少宣、赵永耀主持召开了全国医学美学与整容学会筹备协商会议。会中初步探讨了医学美学与医学美容的概念及其相互关系。医学美学的体系结构等学术问题。并在此基础上成立了中华医学会医学美学会筹备委员会。

根据我国医学美学发展的现状，中华医学会第20届常务理事会第3次会议决定承认这一新兴学科形成并于1990年11月正式成立了中华医学会医学美学与美容学会。

与医学美学同步，随时代的进步，意在将美学原理、美学知识、审美技能融汇到口腔医学中，从而创建一门新的口腔边缘学科的思想，在一批有志于此的口腔医学工作者的促成下也在80年代中期应运而生，他们中的代表有孙廉、姚恒端、邓典智、孙少宣、潘可风、郭天文等。在此时期，口腔医学各分科中特别是在口腔颌面外科，口腔正畸学科及口腔修复学中，对中国人颜面软组织形态结构、牙及牙列弓形态结构的研究十分活跃，并且直接与美学中有关美感的特性、审美标准和国人特征挂钩。至90年代开始，一些有关口腔医学美学的专著也相继问世。1990年孙廉教授为填补美学与

口腔医学结合的空白，首先出版了国内第一本《口腔医学美学》培训教材，1991年又主编出版了《美学与口腔医学美学》一书，对口腔医学美学的内容和层次进行了探索。1994年孙少宣主编出版了一部内容更为深入全面的《口腔医学美学》专著，对美学、医学美学及口腔医学美学内容进行了全面的探讨。1996年郭天文主编出版了《口腔颜面美容医学》，从美容的角度专门对各类影响面容的口腔颜面疾患的治疗、修复原则和方法以及有关美学的基础原理进行了介绍。1999年，潘可风、蔡中主编出版了《美容牙医学》，从美学角度阐述了牙医学的特点以及美容治疗和保健。这些教材和专著的问世，为我国口腔医学美学和美容学的创立、发展和完善奠定了基础。

有关口腔医学美学的学术组织诞生于1990年，该年11月，由中华医学会第20届常务理事会第3次会议批准，在武汉成立了中华医学会医学美学与美容学会，这在国际上是创新性的。学会下设基础理论、美容外科、皮肤美容、口腔医学美容四个学组。至此开始，中国特有的，以《口腔医学美学》命名的一门新兴学科开始了它的新的征程。

新的历史条件下导致了新的学科形成和新的学会诞生。新学会的诞生必将进一步促使口腔医学美学这一新兴学科沿着繁荣发展道路继续创新不断前进。

（潘可风）

第二章　颜面的审美基础

颜面部是由五官、头发、皮肤等组织器官所构成的一个系统。该系统又是机体这一大系统下的子系统。颜面及口腔美与不美，关键要看它们处于整体及局部系统中所构成的审美效果，这种运用系统论的观点观察和审美应是颜面审美的基本出发点。颜面审美涉及观察者自身的心理感受及对颜面形态基本结构和比例协调状态的静态观察知识，并且涉及对最能体现口唇部动态表现的"微笑"方面特征表现的知识。作为颜面审美的基础，本章将就上述问题作简单介绍。

第一节　颜面美的基本观察要素

一、系统论美学对颜面审美的指导作用

系统论美学是运用系统论的观点研究美学问题的方法和理论，是系统论和美学相结合的产物。它的主要观点有：用整体的和联系的观念去审美；承认审美的多样性及时代性特点。系统论美学思想对颜面部审美的指导意义在于：

1. 从整体的联系的观点去把握口颌部的审美　口颌部是由唇、齿、粘膜、舌等组织器官所构成的一个系统。口颌形态的美与不美，关键要看它们处于整个颜面部系统中给容貌带来的整体审美效果如何。在全口义齿修复中，在选择上中切牙义齿的形态、大小、色泽时，如果能兼顾患者的面型、发型、面部肤色及化妆习惯等因素，修复后的审美效果比只用单一形态、大小、色泽的义齿修复的审美效果好，其根本原因在于前者遵循了系统论美学的整体和联系的审美观点。

颜面部审美的整体和相互联系的观念，还应体现在颜面部形式美感与功能的和谐统一上。涉及颜面部美容性质的治疗，应该以不伤害器官功能为前提条件，并尽可能有利于改善器官的功能。

2. 正视颜面部审美的不同观点　临床中，患者自身既是审美客体，又是审美主体，他们对颜面审美的判断结果往往与医生有所不同。不同的患者之间，不同的医生之间，其审美观点也都有可能有所不同。在颜面部审美中，存在以下几大审美观并存的局面。

（1）毕达哥拉斯美学学派审美观：这一学派的观点强调"美在于适当的比例"，并在涉及美学的各个领域产生了深远的影响。容貌的审美也不例外。例如，在颜面部的审美中，普遍地认为容貌各部分之间彼此间位置和比例的协调是很重要的。多数颜面部的医学美容（如口腔正畸、正颌外科等）是接受这一学派的审美观的。

（2）格式塔心理学美学学派审美观：格式塔心理学美学认为：审美的视觉对所见对象，有一种追求统一秩序的完整形态的倾向，这一现象被称为完形趋向律。在瓷牙上作裂纹、色斑等仿生处理，使真假牙在视觉效果上能彼此融合，统一协调，是完形趋向律在口腔修复中的具体体现。该学派同时认为：审美知觉具有动力学的特点，在一定条件下会将静止的对象赋予运动感。例如，处于静止状态的斜线有一种倾倒感。在全口义齿修复及上前牙缺失的义齿修复中，强调修复后上牙弓中线不偏斜，目的就是要避免上牙弓出现不稳定的倾倒感。

（3）"感情移入说"的审美观："感情移入说"主要观点为：事物之所以美，是由于被审美的事物体现了审美者自我的生命情感和自我的价值情感的缘由。表现"个性"，展观自身价值的审美观，自觉不自觉地迎合了"感情移入说"的思想。为了满足这种审美观的需要，有的学者强调在全口义齿的修复中，前牙义齿的排列应个性化。

3. 充分重视医患审美主体系统间的审美交流　协调医患审美主体系统间不同意见的最佳方法，是加强两者间的交流沟通。面部畸形容忍度及面型满意度的研究表明，人群对面部形态的改变有相当程度的包容性，这是医患间沟通的依据。通过沟通使医患在共同的容忍度范围内取得接近的或一致的意见，使再创容貌美的工作能顺利展开。有些医疗纠纷，是医患在治疗前缺乏充分的沟通所造成的。

二、体像在颜面审美中的意义

对体像的了解是颜面部审美应当考虑的因素。体像(body image)是人们对自己身体形象的心理感受，是对自己身体的姿态和感觉的总和。体像具有如下特点：①没有绝对完整的体像。由于人们对自身的认识受到视觉局部性的限制，因此人们难以得到自身完整的体像。这就容易导致对自身容貌认知的非完全客观化。②对自身体像持何种态度，不仅取决于自身体貌客观的形式美感，同时也取决于自身复杂的心理变化。即使有良好的容貌外观，如有心理障碍，原本自我体像的肯定态度也会被转化为否定态度，并由此可成为驱使患者要求美容的不合理动因。

在颜面审美时，充分了解就诊者对自我体像的认识，了解患者有无心理障碍，对于颜面部的美容医疗具有明显的指导意义：①美容医学的目的是立足于患者体像的重塑，改变容貌外观只是重塑体像的一种手段而并非目的。②对消极体像（negative body image）的就诊者，需辅以心理疗法。对有严重心理障碍者，不可贸然实施美容术。

三、颜面部形态结构的静态观察

1. 面型观察　面型是指面部的轮廓形态，分为正面面型和侧面面型两部分。不同的学者对正面面型的分类有所不同。如 R Poch 将面型按相近的几何形态分为 10 种正面型，计有：椭圆形、卵圆形、倒卵圆形、圆形、方形、长方形、菱形、梯形、倒梯形和五角形（图 13-2-1）。日本学者武藤靖雄则将面型归类为圆形、方形、椭圆形、三角形和长方形 5 种。此外，也有按照汉字字形划分面型（田字脸、由字脸、国字脸、用字脸、目字脸、甲字脸、风字脸和申字脸等，见图 13-2-2）以及按面高面宽比进行分型者（分为超阔面型、阔面型、中面型、狭面型和超狭面型等）。从简便实用考虑，可将面型大体上分为方圆形、椭圆形和尖圆形三种类型。

不同的民族，面型方面也存在差异。维吾尔族和汉族成人中以椭圆形者为多，藏族和回族者以尖圆形者为多，蒙古族者以方圆形者为多。人群对面型有一定的耐受性，提示在改变面型的颜面部整形中，没有唯一需要遵从的面型。

人群中正面面型与牙型和牙弓型之间在形态方面不一定是完全协调的，但在修复中，为了美观，常强调三者之间的协调性。

侧面面型也是临床所关注的焦点。依据软组织额前点、鼻底点以及颏前点三者间的关系，侧面软组织面型可分为突面型、直面型和凹面型三种（图 13-2-3）。侧貌软组织面型与人种、民族、性别和年龄等因素有关。黑种人以凸面型为主，黄种人大

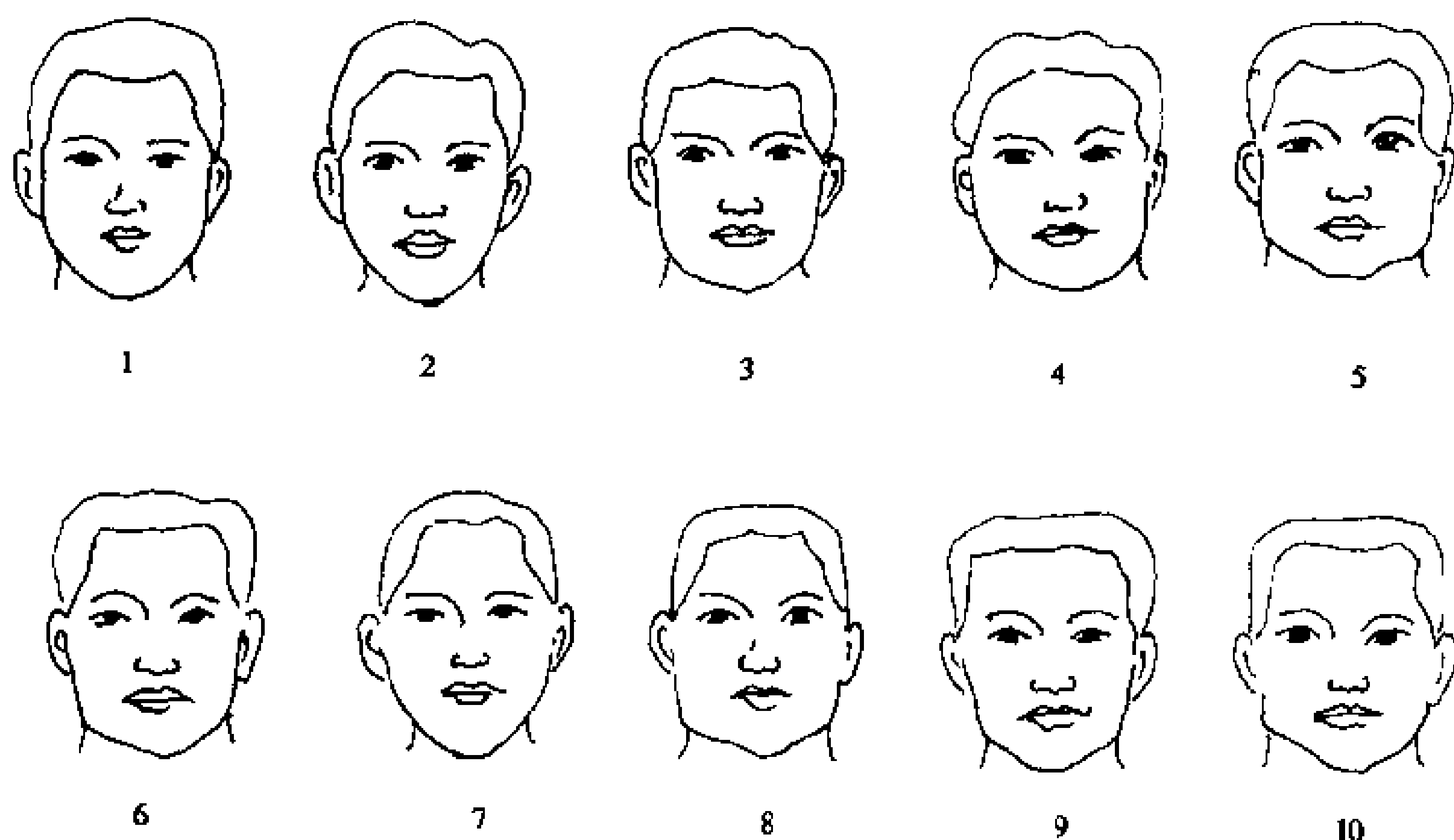


图 13-2-1　波契（Poch）面型分类
1. 椭圆形　2. 卵圆形　3. 倒卵圆形　4. 圆形　5. 方形
6. 长方形　7. 菱形　8. 梯形　9. 倒梯形　10. 五角形

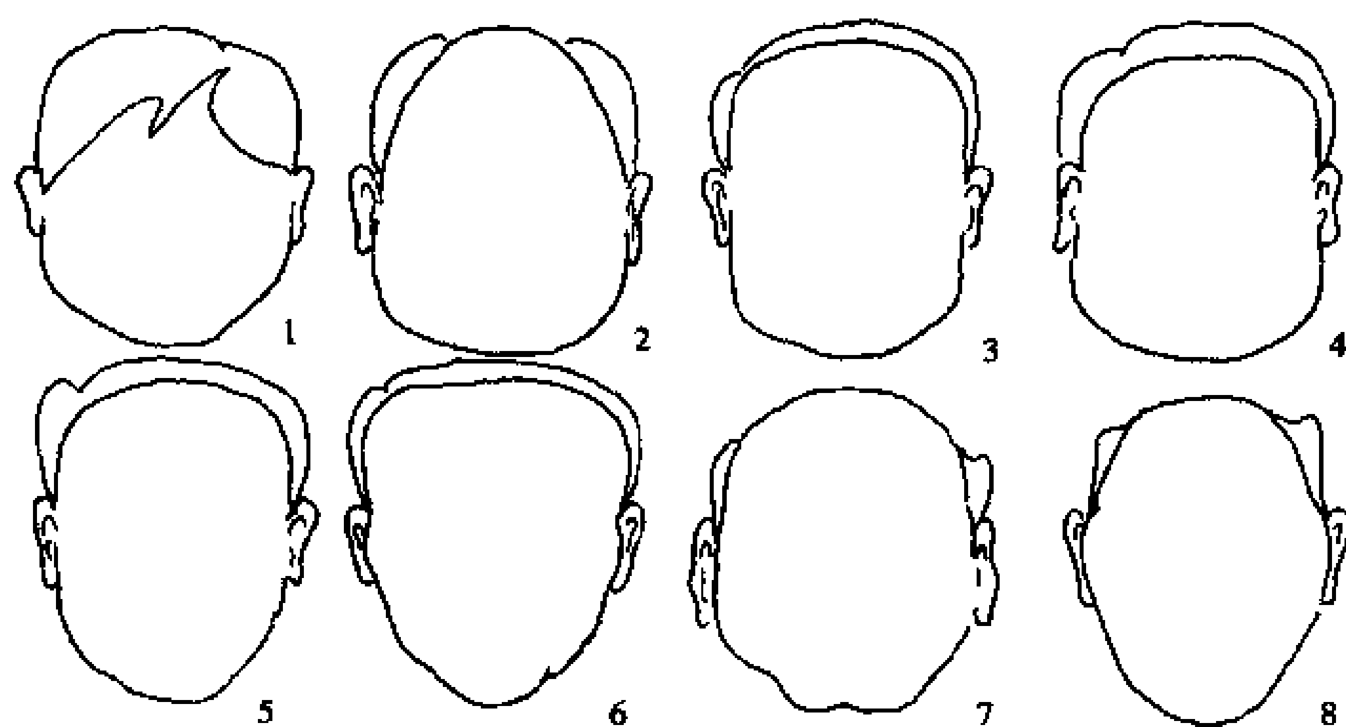
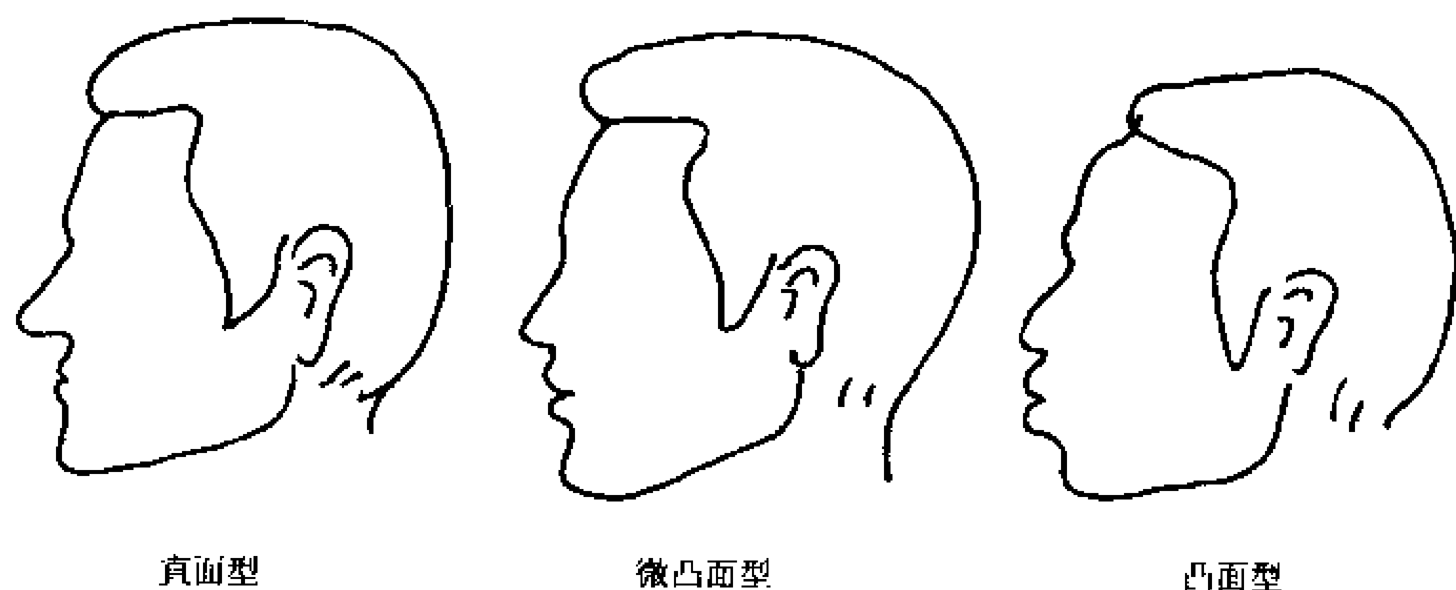


图 13-2-2 元代王铎所列 8 种脸型
1. 田字脸 2. 由字脸 3. 国字脸 4. 用字脸
5. 目字脸 6. 甲字脸 7. 风字脸 8. 申字脸



直面型 微凸面型 凸面型

图 13-2-3 侧面型分类图

多为微凸面型，少数人为直面型，白种人则多为直面型，少数为凹面型。国内研究表明，中国壮族人软组织侧貌面型突度大于北京上海和哈尔滨的汉族人。另有研究表明，从替牙期到恒牙列早期整个生长过程，男性软组织侧面面型突度逐渐增加，女性则逐渐减小，到成年恒牙列期男女侧面面型则较接近。

2. 颜面部对称性观察 中线的确定是研究颜面对称性的前提。常见的确定中线的方法有：①通过眉间点或鼻根点作垂直于 FH 平面的垂线，该垂线定为中线。②以眼内眦连线中点至上唇中点的连线为中线，非对称率是研究不对称性常用的量化概念。目前常用的由加藤首先提出的非对称率计算公式为：Q＝（G－K）/G×100%。Q 为非对称率。通过左右同名的结构特征点或左右同序莫尔条纹横切点，分别作垂直于中线的水平向直线，以水平向较大值的线距作为 G 值，较小值为 K 位。非对称率在 10% 内被认为是正常的，中国和日本正常人群颜面非对称率均在 10% 以内。

对正常汉族青年人颜面水平断面的非对称性研究显示：男性非对称性高于女性；颜面内侧部分的非对称率高于外侧部分；颏部、下唇断面非对称率大于面上部断面的非对称率；对称率存在较大的个体变异。

对中线处单一解剖标志点的偏离性的观察也视为颜面部对称性观察的内容。研究表明，颏前点和下唇点与颜面中线（过鼻根点与 FH 平面相垂直的线）的一致性相对较低，即偏离性较大。

3. 面部结构的和谐性观察 面部结构的和谐性可从比例、角度或测量项目间的回归关系等若干内容进行考察，并应从正面和侧面两方面进行观察。

面部正面结构纵向比例观察：日本学者发现日本美丽妇女正面结构的纵向和横向有关比例符合"$\sqrt{2}$"规律。正常成人上、中、下面高与全面高的比值，男女均接近于1:3，即上、中、下面高这三等份基本相等，古代画论中所谈的面部"三停"即指此意（图13-2-4）。

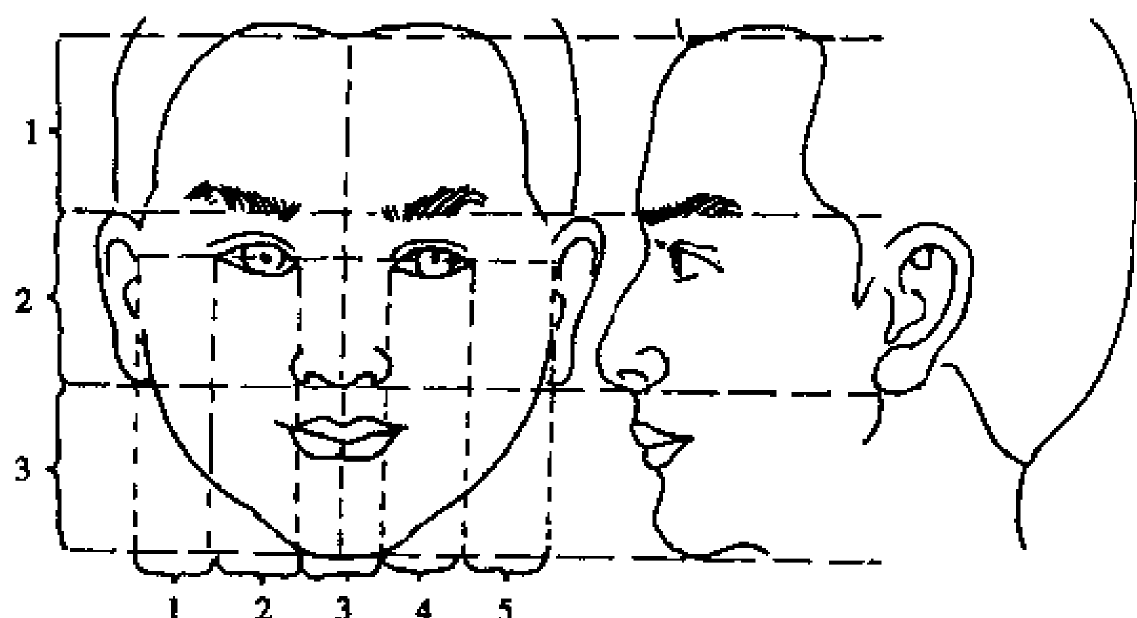


图13-2-4 古代画论中"三停""五眼"示意图
"三停"：①发际点到眉间点的距离；②眉间点到鼻下点距离；③鼻下点到颏下点距离，三者相等
"五眼"：两眼到两耳的距离各为一只眼的宽度，两眼内眦间也为一只眼的宽度，两耳间恰为五只眼的宽度

面部正面软组织结构横向测量项目间关系的观察。常被关注的面部横向线距项目有：面宽、内眦间距、眼裂宽、鼻翼宽、口裂宽等。中国古代画论中曾经提到面部横向结构具有"五眼"的特征（图13-2-4），古代西方也提出面部横向比例关系的理想标准问题（图13-2-5）。古代所认识的颜面部特征或标准，并不完全适用于现代人以及不同人种的面部特点。例如中国山东人内眦宽与面宽、内眦宽与外眦宽的比值与北美白人相接近，但鼻翼宽与口裂宽之比值在两个人种间有较大差距，差异可达18%。与西方古典面部横向比例关系的理想标准相比较，在中国汉族青年人中，有相当高的不相符率。除了从比例关系去研究面部横向结构的和谐性外，也有学者分别从横向线距间的相关关系进行了探讨，并各自建立了线性回归方程。

通过对纵向和横向两方面线距测量项目关系的交叉考察，可建立由一维线距去推知另一维线距的线性回归方程，并可根据两维线距间的比例关系发现单维线距难以发现的形态特征。研究表明，中国美貌人群面宽和面高之间存在显著的相关关系，彼此间可建立直线回归方程。通过面高和面宽的比例关系发现，中国广东籍汉族正常成人正貌女性较男

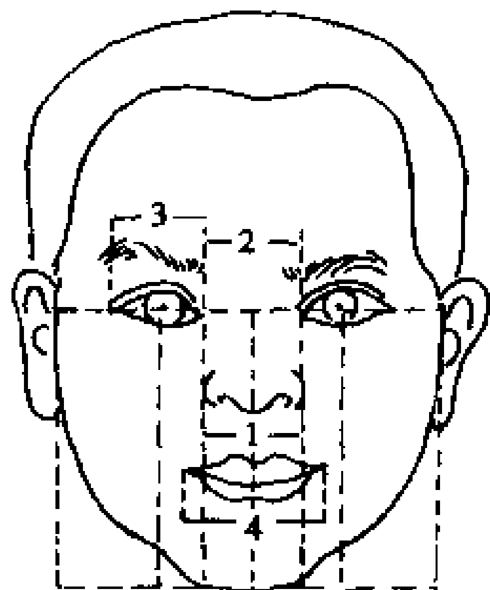


图13-2-5 古典美学标准示意图
1.鼻宽等于1/4面宽 2.两眼内眦间距等于鼻宽 3.两眼内眦间距等于眼裂宽 4.口裂宽等于一个半鼻宽

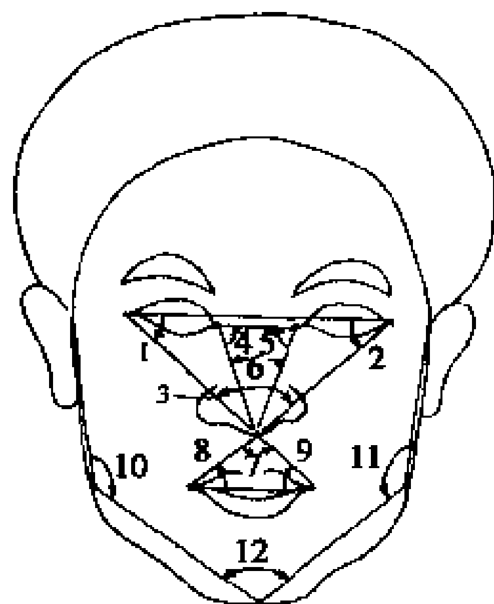


图13-2-6（1） 正面角度测量示意图
1.右外眦鼻底角 2.左外眦鼻底角
3.外眦鼻底角 4.右内眦鼻底角
5.左内眦鼻底角 6.内眦鼻底角
7.口角鼻底角 8.右口角鼻底角
9.左口角鼻底角 10.右颧颊角
11.左颧颊角 12.颏颊角

性宽。

为了较全面地考察正面轮廓形态特征以及五官间（特别是眼、鼻、唇之间）分布的位置特征，角度测量及其他线距测量的引入是必要的（图 13-2-6）。如通过角度测量显示，广东籍汉族正常成人男性面部形态较瘦削。

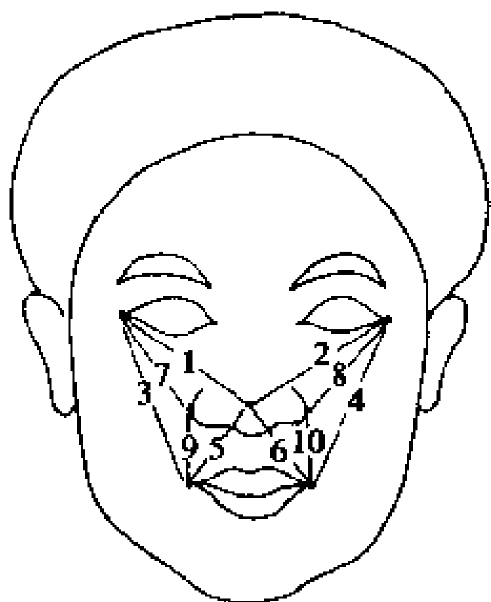


图 13-2-6（2） 正面其他线距示意图

1. 右外眦点至鼻尖点直线距 2. 左外眦点至鼻尖点直线距
3. 右外眦点至右口角点直线距 4. 左外眦点至左口角点直线距
5. 鼻尖点至右口角点直线距 6. 鼻尖点至左口角点直线距
7. 右外眦点到右鼻翼点直线距 8. 左外眦点到左鼻翼点直线距
9. 右鼻翼点到右口角点直线距 10. 左鼻翼点到左口角点直线距

容貌侧面结构的和谐性观察也是极为重要的。容貌侧面软组织结构的和谐性可以从比例分析、角度分析、平面分析及极坐标分析等几个方面进行考察。比例分析法，主要观察内容包括前后面高比例及上下高比例等。角度分析是侧貌常用的分析方法。常用的分析角度有：面型角（额前-鼻底-颏前））和面凸角（鼻根-鼻底-颏前）：反映面型突度；额鼻角（额前-鼻根-鼻尖）：反映鼻根部的凹陷程度或额部的前突程度；鼻唇角（图 13-5-19）：反映鼻和上唇的形态变化，如鼻上翘，或上唇前倾，该角就会减小；鼻突角（图 13-5-18）：用于分析鼻的突度；鼻脊角（鼻根和鼻尖点之连线与过 FH 平面之垂线的交角）：反映鼻脊倾斜情况；上下唇角上唇凹至上唇突连线与下唇凹至下唇突连线的后交角）：反映上下唇凸度；颏唇沟角（图 13-5-19），反映颏唇沟的深浅。

平面分析法最常用的平面是 EP 平面（审美平面），该平面由鼻尖点和颏前点的连线所构成。

以上所列举的有关侧貌观察角度和平面是较常用的，其他尚有 H 角、Z 角及 H 平面、S 平面等分析方法（详见图 13-5-16 及文）。

4. 颜面部特征点的纵向观测和定位观测 采用生物立体测量术（biostereometrics）可对颜面部进行立体观察。如利用正位颜面部的云纹图，既可获取面部有关高度和宽度的测量值，还可获得普通正面摄像不能获得的面部有关特征标记点的深度测量值。利用极坐标测量法则可对颜面部特征点进行定位分析。

5. 颜面部形态结构的独立观察 尽管有研究表明，五官在颜面部受关注的顺序及程度不同，但各自都是构成容貌整体美感不可缺少的部分。孤立地分析某一五官的形态是否美观其意义是有限的，关键要看五官在整个颜面部的整体中是否和谐。这也是系统论美学思想的观点。因此，五官的独立形态学观察，只是从纯形态学方面去认识五官的结构。考虑到人群对颜面部审美认知上的差异性及容忍度，同时也从颜面部美容的普遍意义出发，五官的独立形态观察应以正常人群为主要观察对象。

眼眉，在传情达意方面具有重要的作用。研究表明，不同民族，不同性别，不同年龄的人群之间，其眼外形特征有所不同。黄种人的眉型与白种人相比有很大差异。但国人与日本人的眉型类别、百分比及形态较为相似。眉型可分为 7 种类型：平坦型、拱型、缩窄型、增宽型、方型、S 型、三角型（图 13-2-7）。

眼睛形态的观察往往较注意眼睑形态、睑裂的长度和高度、睑裂角度、内外眦间距等。上睑形态根据有无皱襞和皱襞特征可分为 4 类：单睑型、重睑型、内双型和多皱襞型。单睑型又可分为正力型、无力型和超力型三种类型。重睑型又可分为平行型、新月型和广尾型三个类型（图 13-2-8）。国内调查显示，重睑型眼多于单睑型眼。眼睑形态增龄性变化较为明显，随着年龄的增加，眼睑皮肤松弛，可产生上眼睑下垂、眼眉及上眶缘皮肤下降下陷以及眼睑起皱等衰老现象。

鼻的形态也是人们关注的焦点。从鼻的侧面观，可以依据鼻梁形状，将鼻外形粗略地分为凹型鼻、直型鼻和凸型鼻三类（图 13-2-9）。鼻尖形态可分为尖小型、中间型和纯圆型等三型，鼻小柱形态又可分为上翘型、水平型和下垂型三种类型。

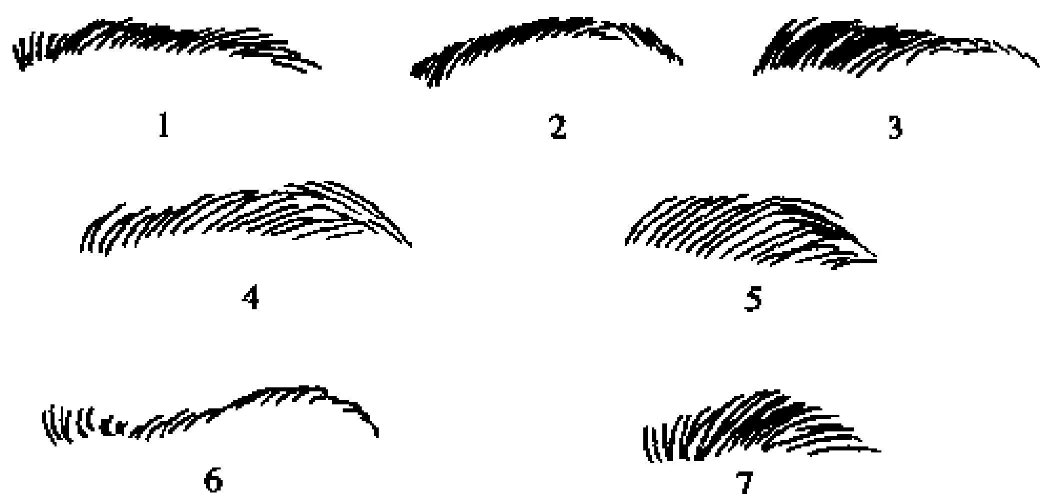


图 13-2-7　眉型分类
1. 平坦型　2. 拱型　3. 缩窄型　4. 增宽型
5. 方型　6. S型　7. 三角型

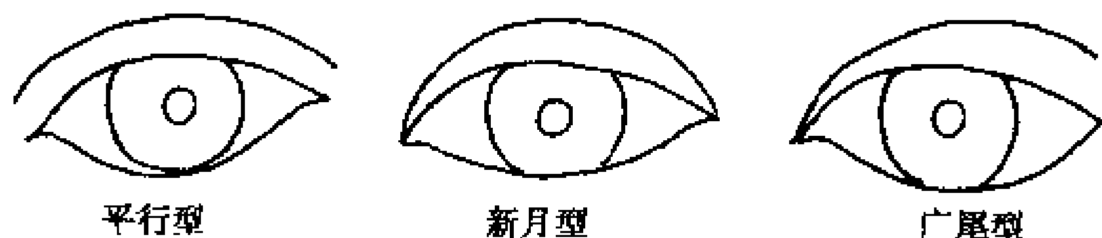


图 13-2-8　重睑分型示意图

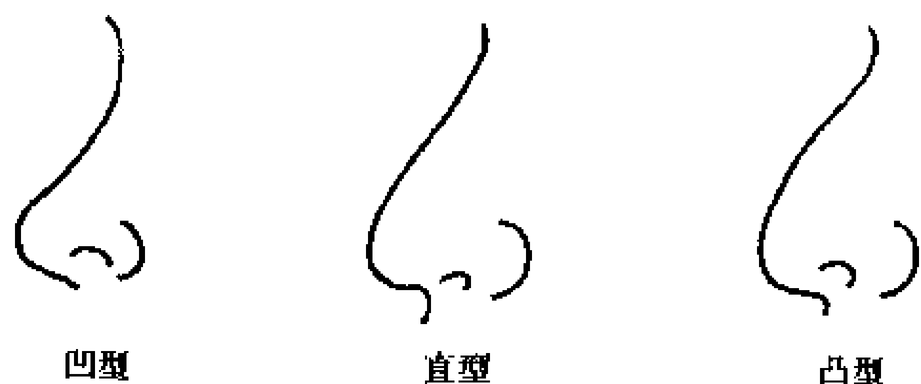


图 13-2-9　鼻型（按鼻梁形态分）示意图

口唇是面部表情功能最强的器官。正面观察，唇形轮廓可分为方形、尖形、圆形三个类型（图 13-2-10）。口裂宽度的线距值在不同地域的汉族正常成人之间存在着程度不同的差异，其中广东籍汉族正常成人口裂宽度小于四川籍和山东籍者。侧貌唇型可分为突、切、缩、交叉四型及九个类。Ⅰ型：Ⅰ^{1} 上下唇均在 EP 之前，Ⅰ^{2} 上唇在 EP 前，下唇切于 EP，Ⅰ^{3} 下唇在 EP 前，上唇相切于 EP。Ⅱ型：上下唇与 EP 相切。Ⅲ型：Ⅲ^{1} 上下唇均在 EP之后；Ⅲ^{2} 上唇在 EP 之后，下唇相切于 EP；Ⅲ^{3} 下唇在 EP 之后，上唇相切于 EP。Ⅳ型：Ⅳ^{1} 上唇在 EP 之前，下唇在 EP 之后；Ⅳ^{2} 下唇在 EP 之前，上唇在 EP 之后（图 13-2-11）。研究显示，男性广东人唇前突者较北方哈尔滨人多。

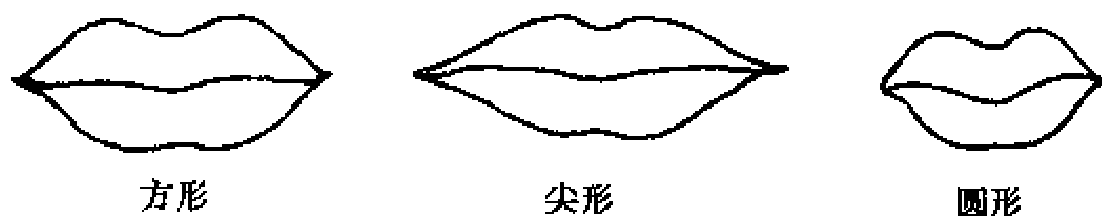


图 13-2-10　唇轮廓形态分型

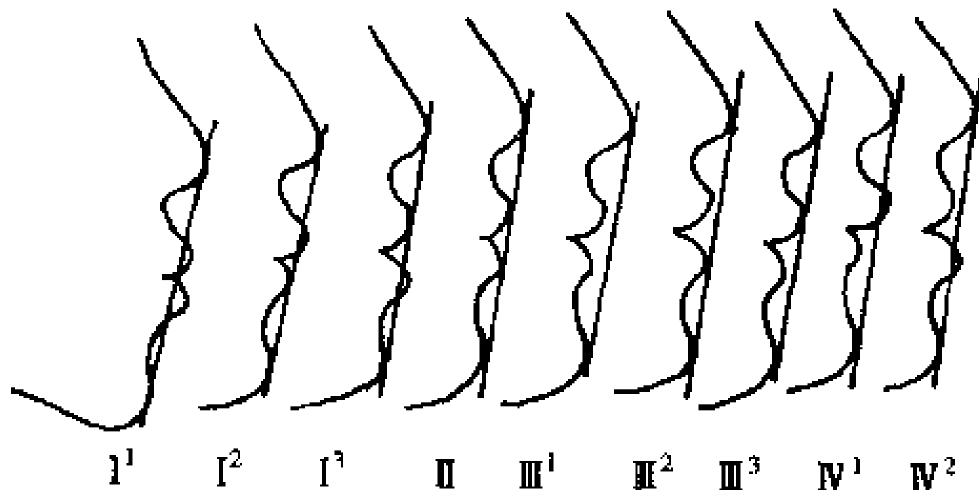


图 13-2-11　侧貌唇型示意图
Ⅰ型：前突唇；Ⅱ型：切位唇；Ⅲ型：后缩唇；Ⅳ型：交叉唇

耳在颜面部的审美中也是不容忽视的。耳廓的类型，依据耳廓的上、中、下三幅宽度的变化，可将耳廓分为6型（杨彦昌分类法）：Ⅰ型（上幅宽＞中幅宽＞下幅宽），Ⅱ型（上幅宽＝中幅宽＞下幅宽），Ⅲ型（上幅宽＜中幅宽＞下幅宽），Ⅳ型（上幅宽＞中幅宽，下幅宽＝0），Ⅴ型（上幅宽＝中幅宽，下幅宽＝0），Ⅵ型（上幅宽＜中幅宽，下幅宽＝0）（图13-2-12）。耳垂的形态可分为圆型、方型、三角型及三角附着型。

颜面部皮肤观察。皮肤在颜面部审美中也起着非常重要的作用。皮肤的审美可以从颜色、光泽和弹性几方面来判断。东方人肤色微红稍黄，大部分非洲人则呈棕黑色，而欧美白种人则为粉白色。健美的皮肤可以从以下几个方面衡量：①健康：无皮肤病，肤色正常。②表面清洁：无污垢、斑点，无异常突起和凹陷。③富有弹性，光滑而柔软，不皱缩粗糙。④不油腻，不干燥，耐老化。

颏部形态可以从三个方面进行观察：颏的位置，颏唇沟的深浅，颏结节形态。

牙和牙周组织以及牙弓的形态观察，牙齿的排列情况及𬌗关系的观察，都是颜面部审美的重要内容。

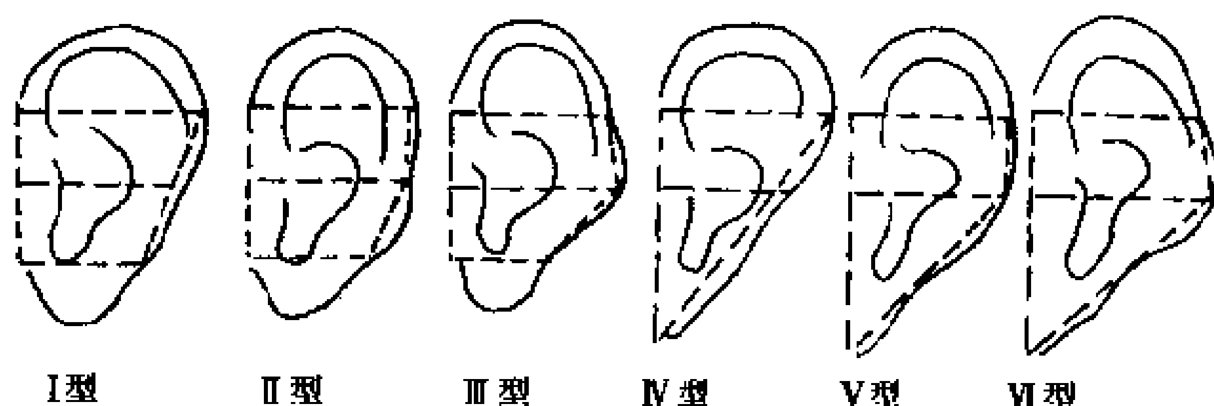


图 13-2-12 杨彦昌耳廓形态分型示意图

第二节 微笑的审美

微笑是颜面审美的重要内容之一。自然愉悦地微笑，人体的植物神经系统功能将处于平衡状态，神经-体液调节系统功能也保持平衡，免疫功能获得加强。显然，微笑是有益于健康的。微笑不仅反映出主体内心的愉悦心情，也是对客体传递愉悦的媒介，是创造愉悦氛围的动力，因而是构成人面审美的重要特征性形象。但临床发现经常有人由于自身笑容形态的缺陷而苦恼。因此，研究微笑时的形态特征，指导临床有针对性的治疗，改善和增进笑容的形式美感、恢复和增强患者的自信心，是十分有益的。

一、微笑的形态学研究

（一）微笑中正常𬌗节奏美感的观察

牙列排列的情况直接影响笑容的审美效果。牙列拥挤、牙列间隙和牙列前突等错𬌗畸形均会程度不同地影响笑容的审美效果，因此，正常𬌗的牙排列方式成了口腔正畸和修复医生以及患者所普遍追求的目标。正常𬌗牙列除了对功能有利外，其自身有着强烈的形式美感（图13-2-13，14，15）：

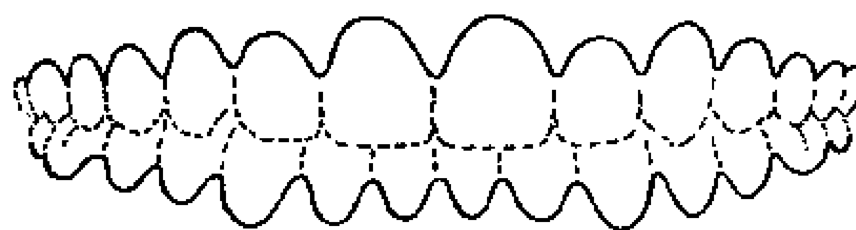


图 13-2-13 正面观察牙冠排列渐变节奏，上下临床牙冠高度渐变节奏及牙颈缘相似形态重复节奏

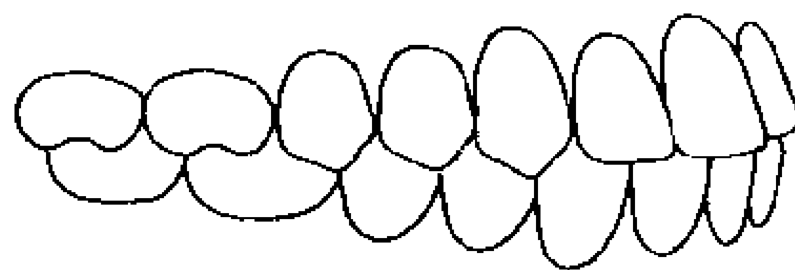


图 13-2-14 侧面观察牙冠倾斜角度变化的渐变节奏，上下牙咬合时位置的交替节奏，上下牙冠高度变化渐变节奏

1. 牙齿排列方向的节奏美感 节奏是指有秩序的进程。由物体的大小、形态、色调、方向，乃至含义的递增或递减所形成的节奏称为渐变节奏。由物体的形态、大小和位置等交替出现所形成的节奏称为交替节奏。某一现象以一定的间隔重复出现所形成的节奏称为重复节奏。

国内外学者所测定的牙齿生理倾斜角度值显

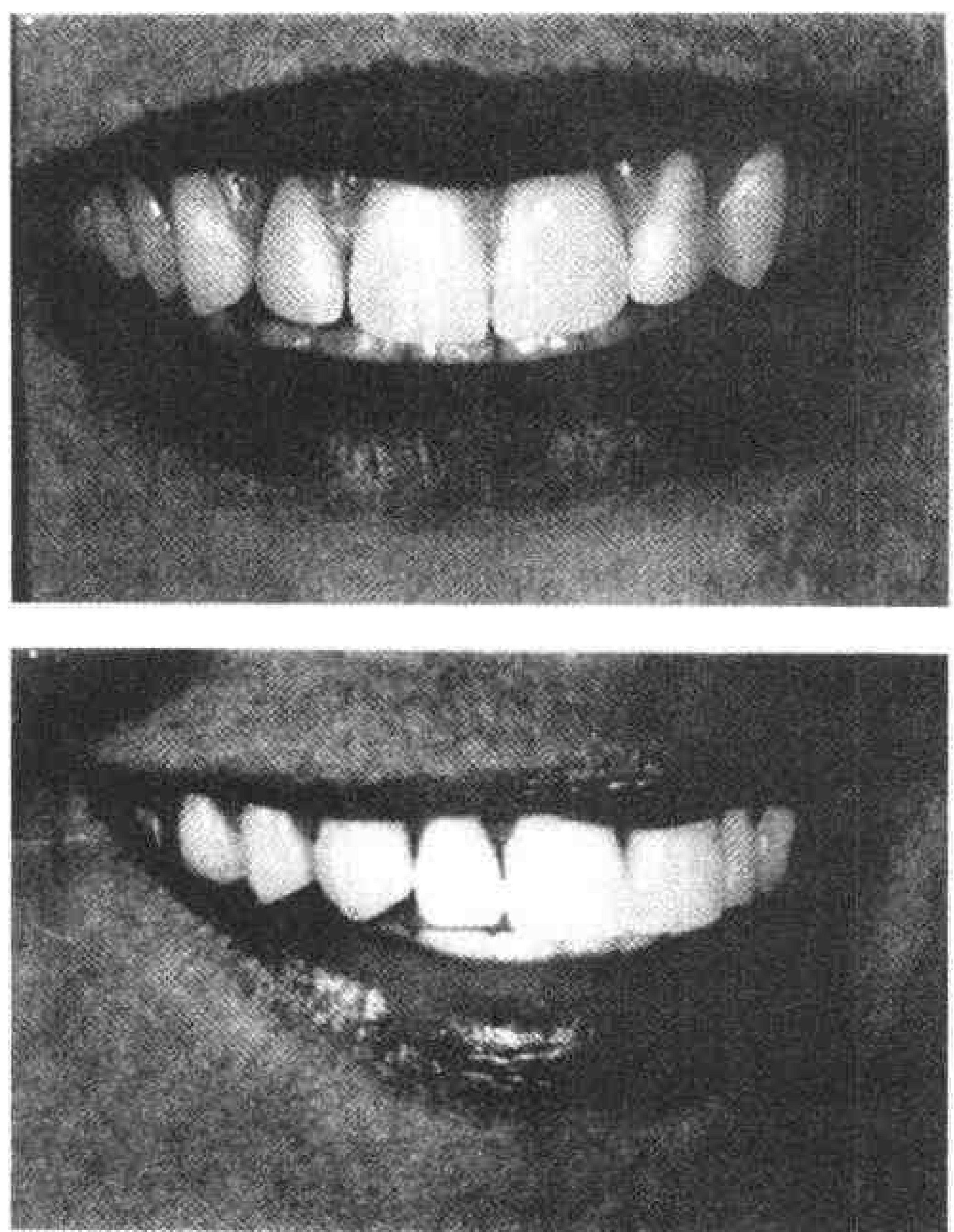


图 13-2-15 微笑时最佳唇齿形态
·上牙冠切缘弧线由前向后与下唇上缘弧线的弧度相似；·上牙冠由前向后暴露量逐渐减少的渐变节奏；·上唇缘约在牙龈线上下位置



图 13-2-16 微笑分型

示，正常𬌗牙冠的近远中向倾斜度（tip）及唇颊舌向倾斜度（torque），存在不同程度的方向渐变节奏，或方向重复节奏。

2. 牙颈缘连续线的节奏美 当正常𬌗的牙龈健康时，每个牙的颈缘呈形态相似的弧形，相互连结，连绵起伏。

3. 上下牙间交替咬合关系的节奏美 正常𬌗在咬合状态下，上下牙之间彼此交错、呈规律性的咬合状态，构成了牙齿位置变化的交替节奏。微笑时，上下牙列脱离咬合，但这种交替节奏倾向依然存在。

4. 临床牙冠高度变化的节奏美 国内外学者的研究表明，临床牙冠高度存在普遍的渐变节奏。

5. 正面观牙冠可见量的渐变节奏 正面观，从前向后，由中切牙至磨牙，各牙牙冠可见的暴露量逐渐减少，构成了渐变节奏。Richard 在全口义齿修复中，曾经提出义齿排列应充分体现这种渐变节奏，并建议牙冠的暴露量呈黄金比例（1:1.618）地向后逐渐减少，如此可取得更佳的审美效果。

正常𬌗牙列所观察到的节奏美感程度，受观察者的视角以及微笑时牙齿及牙龈的暴露程度的影响。牙及牙周组织的增龄性和病理性变化都可改变正常𬌗的节奏美感。

（二）微笑中唇颊齿间相互关系的研究

1. 微笑型研究 微笑型可分为高微笑型(high smile)、平均微笑型(average smile,又称普通微笑)以及低微笑型(low smile)三种类型(图13-2-16)。高微笑型以微笑时暴露前牙牙冠及牙龈为特征,平均微笑型以微笑时暴露前牙牙冠的75%~100%为特征,低微笑型以微笑时暴露前牙牙冠少于75%为特征。国外的调查表明,女性高微笑型的比率及平均微笑型的比率均显著高于男性相对应的比率,而国内研究发现,女性高微笑发生率与男性基本一致。国内外研究均显示,人群中平均微笑型所占比率最高。

唇齿的形态结构是影响微笑型的重要因素,如上唇短缩或上前牙过分殆向伸长,则多表现为高微笑型,反之则可减少高微笑型的机会。老年人由于皮肤肌肉松弛,上唇下垂,可使高微笑型转为普通微笑型或低微笑型。

2. 微笑中展示的牙齿数量的观察 研究表明,微笑时多数人牙齿可展露到第一或第二双尖牙,少数人可展露到第一磨牙。

3. 上切牙与上唇之间的关系 研究发现上中切牙切缘到上唇上缘的距离,男女间无显著性差异。该距离在高微笑组中为13.48mm±0.75mm,普通微笑组中为10.11mm±1.05mm,低微笑组中为7.16mm±0.65mm。

4. 上切牙与下唇的关系 上切牙切端相连形成的假想线称之为上切牙弧线(upper incisal curve)。该弧线若与下唇上缘弧线平行则显得较为优美。国外调查表明,多数正常青年人微笑时,上前牙切缘弧线与下唇上缘弧线弧度相适,少数青年人上切牙弧线呈直线形,或反向曲线形。随着年龄的增长以及牙齿的磨耗,上切牙弧线会渐趋平缓。

国内外调查表明,近半数的正常青年人微笑时上切牙接触下唇,一部分则不接触下唇,少部分人的上切牙切缘为下唇所掩盖。在接触型中,女性显著多于男性,而在非接触关系中,则男性显著多于女性。

5. 有关比率对称率和偏离度的研究 在研究微笑唇齿关系及口型特征时,往往比较关注若干研究值:颊隙比(buccal corridor ratio);微笑高宽比;牙弓可见率;尖牙间宽可见率;微笑线比率;口唇部偏离度;微笑对称率等。研究表明,男女间的颊隙比、微笑线比率、口唇部他离度和微笑对称率没有显著性差异。国内测得的颊隙比与Lerin和Ricketts等人提出理想值(黄金比)相近。而国外有学者认为和谐的微笑,微笑线比率为1~1.25。

6. 负性间隙研究 所谓负性间隙(negative space)也叫黑暗间隙(dark space),是指微笑状态下,口腔内所暴露出来的上下牙列间及牙列和唇颊部软组织之间的空隙。该空隙大小及形态直接依赖于牙齿的形态大小和排列以及口裂的大小。负性间隙的形态与围成此间隙的口腔软硬组织结构间是一种互为底图的关系。由于相对于深背景的黑色间隙而言,色调浅明度高的牙优先成为视觉焦点,因此,与负性间隙相比,临床上应更多地关注牙齿自身的问题。如果牙的形态大小及排列正常,就可获得形态良好的负性间隙。

(三)微笑中其他相关因素的研究

笑容审美效果还受眼、鼻及唇和面部皮肤等组织器官形态特征的影响。例如微笑时,眉眼舒展,鼻唇沟加深,有的还出现笑靥。

医疗的介入可以改变颜面部五官形态、面部轮廓形态及牙的形态位置和排列,并由此改变笑容的形态特征和审美效果。

二、微笑的训练

微笑训练的目的是改善面部肌肉的张力及可控性,由此而增进笑容的审美效果,进而帮助恢复受训者的自尊心和自信心。Robert等提出了一整套训练微笑的方法。该方法分为一般性训练和特殊性训练两种方法。一般性训练方法又分为等张性训练和非等张性训练两种方法。等张性训练方法如下:晨起而对镜子,面部肌肉先松弛,随后展开1/4微笑,并在此状态保持10秒种,随又展开到1/2微笑,并也在此状态保持10秒钟,然后再展开到全微笑,最后又慢慢回到小微笑状态。此过程可作如下表述:松弛→1/4微笑→1/2微笑→全微笑→1/4微笑,如此循环往复。上述训练每晨数分种、一月为一疗程。等张性训练是最重要的微笑训练,也是锻炼和控制面部肌肉最简单的训练手段。非等张性训练主要是为了提高口周肌张力,方法是行全微笑(full smile),然后用左右食指向两侧撑压口角,尔后在对抗两侧食指的撑压力的情况下合拢嘴唇,每晨反复作上述动作约3分钟,可与等张性训练同时进行。特殊性训练主要是针对微笑时露龈过多或唇

过薄者。对露龈者在微笑训练中应加强控唇训练。而对薄唇者，可加强聚唇动作训练（puckering exercise）或亲吻动作训练（kissing exercise）。

三、微笑的软组织解剖基础

微笑时口唇的逐渐开展及鼻唇沟的逐渐加深，是微笑的一大动态特征。这一特点与唇沟处的解剖特点有关。鼻唇沟处解剖特点为：①鼻唇沟内侧皮下脂肪少，而外侧的颊侧皮肤下脂肪丰富。②鼻唇沟处表浅肌肉腱膜系统（SMAS）发出较多的纤维束到真皮。③颧肌在下行过程中分出部分肌纤维止于鼻唇沟的筋膜，并又从筋膜发出肌束加入上唇提肌。微笑时，从鼻唇沟处筋膜发出的肌束和上唇提肌的收缩，使上唇被上提，在遇到颊部脂肪的阻挡时，出现鼻唇沟的动态改变。老年人由于颜面部脂肪的萎缩，皮肤更松弛，鼻唇沟加深，微笑时由于阻力减小，上唇更易上提而使鼻唇沟更加加深。这种衰老微笑外观可通过整形手术得到改善。

综上所述，影响笑容审美效果的因素是复杂的，也难以有完全一致的审美标准。但就一般意义而言，较理想的笑容一般具备如下特征：拥有正常殆牙列的形式节奏美感；唇及牙列左右对称；不露龈或少露龈；上切牙切缘弧线与下唇上缘弧线弧度相似。

（包柏成）

第三章　颜面审美的研究方法

颜面审美医学属于医学人体美学的一部分，二者的研究方法有相同之处，又各有其特殊性。现有各种研究方法中最基本、最重要的一种是人体测量法，最早出现在2000多年前我国医学专著《内经·灵枢》的《骨度篇》中。18世纪末，法国的道本顿（Daubenton）和荷兰的凯伯（Camper）创立了系统的人体测量学。1906年在摩洛哥召开了第13届国际史前人类学与考古学会议，通过了《统一颅骨和头面部测量的国际协定》，规定了32项颅骨测量和19项活体头面部的测量的方法。此后，随着科学技术的发展，又出现了照相、模型、X线照片、云纹、电子计算机等测量方法，各具特点，各有用途，可根据不同的研究内容选择使用。

第一节　颜面活体测量法

一、颜面活体测量的目的和观察重点

（一）目的

通过颜面活体测量可以获得美丽人群的颜面结构特点和各部位之间的比例关系，可以了解求美者、患者个体颜面结构、比例关系与美丽人群之间的差距，为正颌外科手术、牙颌正畸治疗、口腔修复提供参考数据，有助于正确地制定治疗方案和评价治疗效果。

（二）观察重点

颜面活体测量重点要观察面部的对称性和面部的比例。

1. 面部的对称性　面部的对称性分为左右对称和上下对称，因此应从正面观察、测量。观察左右对称性时以正中垂线为基线，即额正中、鼻梁、人中线、唇弓中点、颏中点的连线。上下的对称性主要是观察面部各部分长度之间的比例关系。

2. 面部的比例

（1）正面观面部长度可分为三等分：

上1/3　发际——鼻根点（或眶上嵴，下同）

中1/3　鼻根点——鼻小柱

下1/3　鼻小柱——颏下点

面下1/3又可分为三等分

上1/3　鼻小柱——上唇缘

中1/3　上唇缘——颏唇褶

下1/3　颏唇褶——颏下点

（2）正面观面部宽度可分为五等分：

颞面—外眦—左侧内眦—右侧内眦—外眦—颞面

（3）侧面观面部长度也可分为三等分，其测量点同正面观。

二、颜面活体测量法的要点

（一）测量方法

根据已确定的头面部测量点，使用直角规、弯角规、圆形直角规、三角平行规、量角器等进行直线、弧线、角度、面积的测量和计算。

（二）测量的标准平面

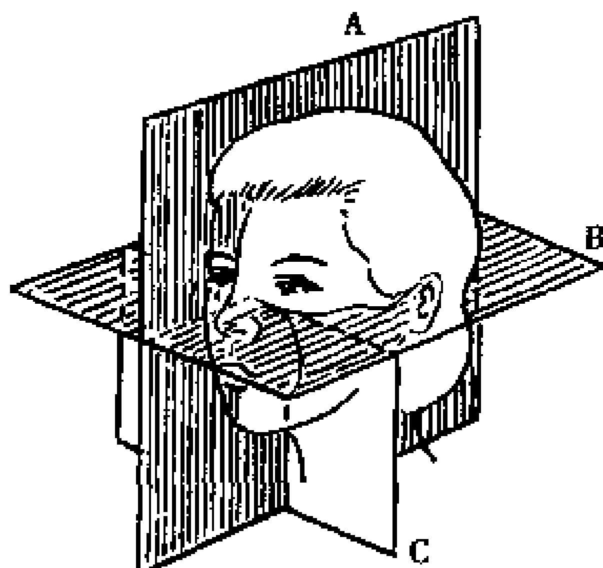


图13-3-1　头面部测量的标准平面（Simon）
A. 正中矢状平面　B. 面横平面　C. 眶平面

Simon 1922年提出的错𬌗分类法将面部分为三个平面，一直沿用至今（图13-3-1）。

正中矢状平面（median sagittal plane）将面部分为左右两部分。

面横平面（frankfort horizontal plane）是连接左右眶下缘点与左右耳屏切迹的平面，也叫眶耳平面、佛兰克福平面。

眶平面（orbital plane）是连结左右眶下缘点并与面横平面垂直的平面。

以上三个平面均为相互垂直的关系。

（三）头面部测量的标准线（均为侧面观）（图13-3-2）

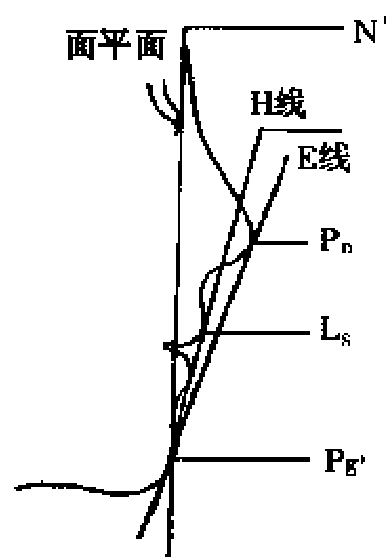


图 13-3-2　头面部测量的标准线
Pn 鼻突点　Ls 上唇突点　Pg′颏前点

1. 审美平面　又称 E 线（esthetic line），指鼻突点至颏前点的连线 Pn-Pg′。

2. H 线（holdaway line）指上唇突点至颏前点的连线 Ls-Pg′。

3. 软组织面平面　眉间正中至颏前点的连线 N′-Pg′。

（四）头面部的测量点（图 13-3-3）

1. 头侧点　头两侧最向外突出之点。

2. 耳上点　耳轮上缘的最高点。

3. 耳屏点　外耳道前方耳屏软骨上缘起始部向耳轮脚基部的头侧部皮肤移行点。

4. 颧点　颧弓上最向外突出的一点。

5. 耳下基点　耳垂下缘与颊部皮肤之交点。

6. 耳下点　耳垂最下点。

7. 下颌角点　下颌角最向外、向下和向后突出之点。

8. 额颞点　额部两侧颞嵴弧最向内侧的点。

9. 眼外角点　眼外角处上下睑缘相接之点。

10. 眶下点　眼眶下缘的最低点。

11. 鼻翼点　鼻翼最外侧点。

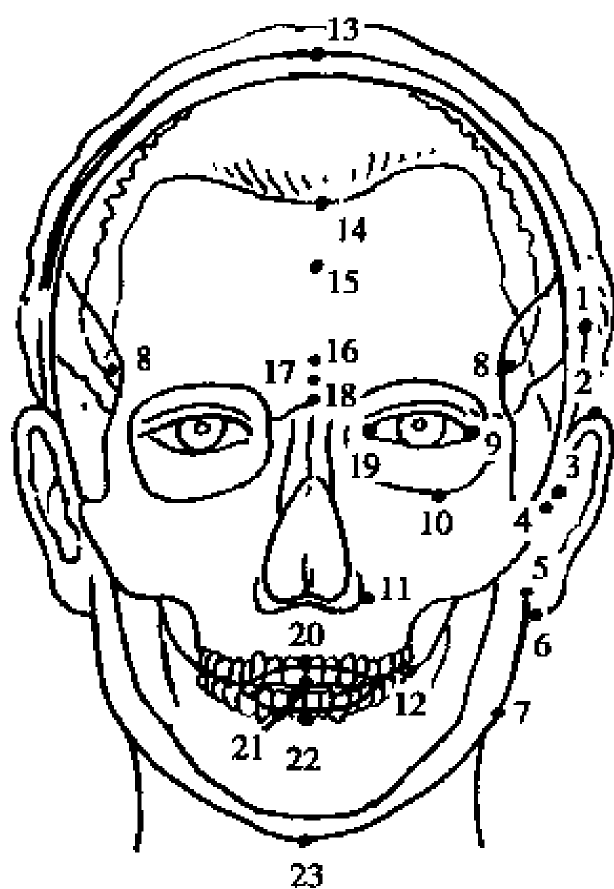
12. 口角点　口裂的两侧，上下唇移行相连接之点。

13. 头顶点　头顶部正中矢状面最高点。

14. 发缘点　前额发缘中点。

15. 额中点　左右额结节最高点的连线与正中矢状面的交点。

16. 眉间上点　左右眉毛上缘的切线与正中矢状面的交点。



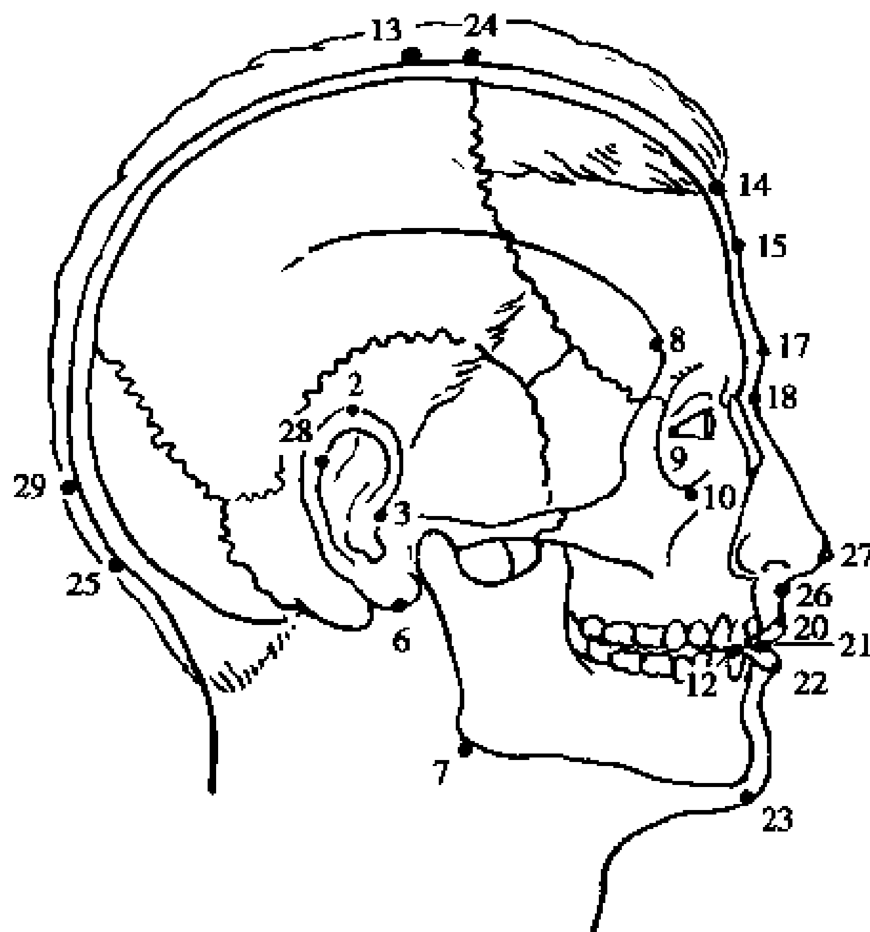


图 13-3-3　头面部测量点
1. 头侧点　2. 耳上点　3. 耳屏点　4. 颧点　5. 耳下基点　6. 耳下点　7. 下颌角点　8. 额颞点　9. 眼外角点　10. 眶下点　11. 鼻翼点　12. 口角点　13. 头顶点　14. 发缘点　15. 额中点　16. 眉间上点　17. 眉间点　18. 鼻根点　19. 眼内角点　20. 上唇中点　21. 口裂点　22. 下唇中点　23. 颏下点　24. 前囟点　25. 枕外隆凸点　26. 鼻下点　27. 鼻尖点　28. 耳结节点　29. 头后点

17. 眉间点 额的下部，鼻根的上方，左右眉毛间的隆起部正中最突出的一点。

18. 鼻根点 鼻的上部，额鼻缝和正中矢状面的交点。

19. 眼内角点 眼内角处上下睑缘相接之点。

20. 上唇中点 上红唇两弧的切线与正中矢状面的交点。

21. 口裂点 上下唇闭合时口裂的中点。

22. 下唇中点 下红唇下缘与正中矢状面的交点。

23. 颏下点 颏部正中矢状面上最低之点。

24. 前囟点 颅骨冠状缝与矢状缝交汇点。

25. 枕外隆突点 枕外隆突的最突点。

26. 鼻下点 鼻下缘与上唇皮肤部所组成的角的顶点。

27. 鼻尖点 鼻尖最向前突出的一点。

28. 耳结节点 耳廓上缘和耳廓后缘移行部稍下方达尔文结节的尖端点。

29. 头后点 头部正中矢状面上最向后突出的一点。

（五）头面部的测量项目

1. 长度的测量

（1）最大头长：眉间点至头后点的直线距离（图 13-3-4）。

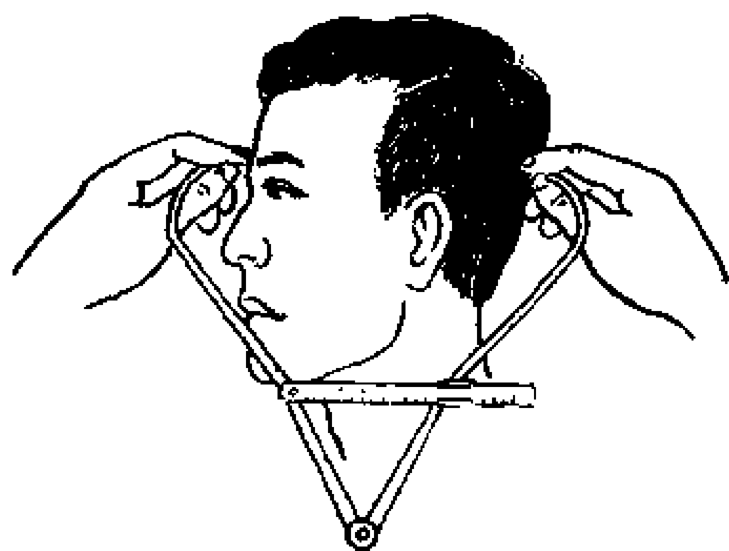


图 13-3-4 最大头长的测量

（2）眉间头长：眉间点至枕外隆突点的直线距离。

（3）鼻尖头长：鼻尖点至头后点的直线距离。

（4）颏下头长：颏下点至头后点的直线距离。

2. 宽度的测量

（1）最大头宽：左右头侧点之间的直线距离（图 13-3-5）。

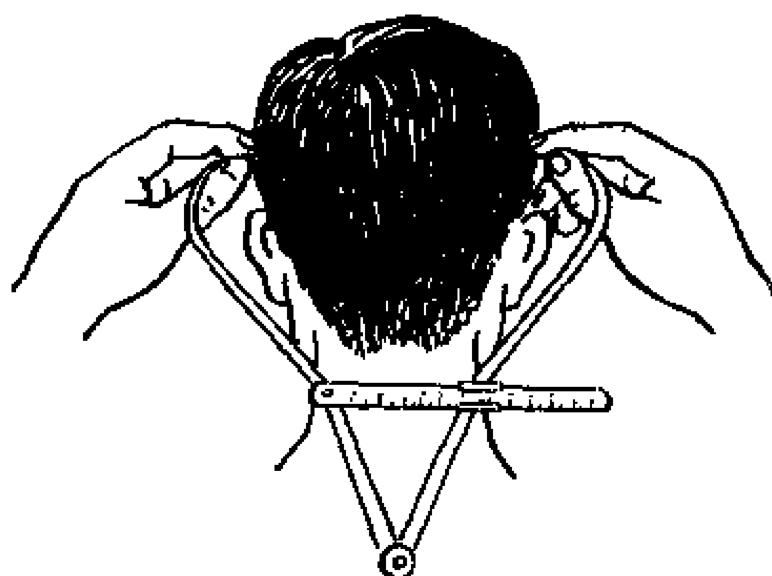


图 13-3-5 最大头宽的测量

（2）最小额宽：左右侧额颞点之间的直线距离（图 13-3-6）。

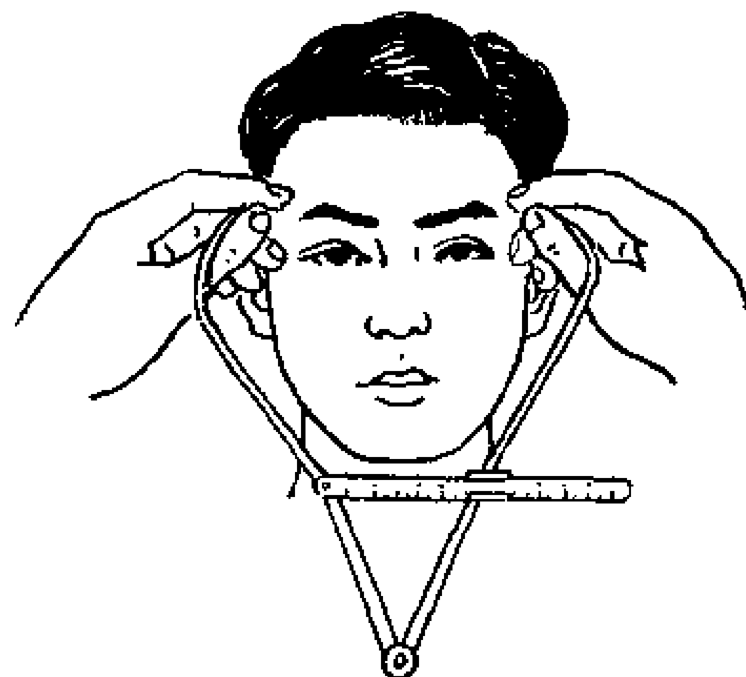


图 13-3-6 最小额宽的测量

（3）耳屏间距：左右两耳屏点之间的直线距离（图 13-3-7）。

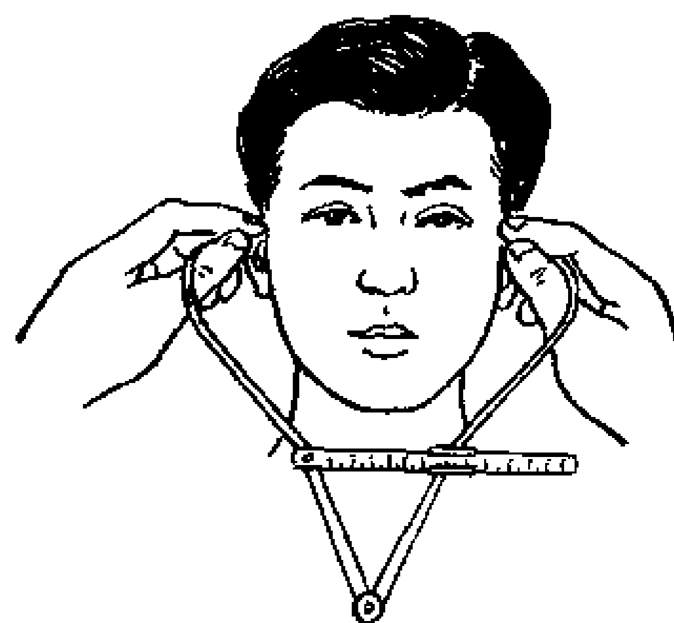


图 13-3-7 耳屏间距的测量

（4）外耳间距离：左右外耳向外最突出点之间的直线距离。

（5）乳突间距：左右乳突点间之距离。

(6) 面宽：左右颧点间之距离。

(7) 下颌角间距：左右下颌角点间的直线距离。

(8) 两眼外宽：两眼外角点间的直线距离。

(9) 瞳孔间距：双眼正视前方时，左右瞳孔间的直线距离。

(10) 两眼内宽：两眼内角点间的直线距离。

(11) 眼裂宽：同侧眼内外角点之间的直线距离。

(12) 鼻宽：左右鼻翼点之间的距离。

(13) 口裂宽：左右口角点之间的距离。

(14) 容貌耳宽：耳前点至耳后点间的直线距离。

(15) 形态耳宽：耳上基点至耳下基点的直线距离。

3. 高度的测量

(1) 全头高：颏下点至头顶点间的投影距离。

(2) 头顶头后高：头后点至头顶点间的投影距离。

(3) 头耳高：耳屏点至头顶点间的投影距离。

(4) 鼻下头高：鼻下点至头顶点间的投影距离。

(5) 口裂头高：口裂点至头顶点间的投影距离。

(6) 容貌额高：发缘点至鼻根点间的距离。

(7) 容貌面高Ⅰ：发缘点至颏下点间的直线距离。

(8) 容貌面高Ⅱ：眉间点至颏下点间的直线距离。

(9) 容貌面上面高：鼻根点至口裂点间的直线距离。

(10) 鼻高：鼻根点至鼻下点间的直线距离。

(11) 鼻长：鼻根点至鼻尖点的距离。

(12) 鼻深：鼻根点至鼻尖点的投影距离。

(13) 唇高：上唇皮肤、粘膜交界线中点至下唇皮肤、粘膜交界线中点间的直线距离。

(14) 全上唇高：鼻下点至口裂点间的直线距离。

(15) 全下唇高：口裂点至颏下点间的直线距离。

(16) 颏高：颏上点至颏下点间的距离。

(17) 容貌耳长：耳上点至耳下点间的直线距离。

(18) 形态耳长：耳结节点至耳屏上方前切迹凹陷最深点间的直线距离。

4. 围度、弧度的测量

(1) 水平头围：经眉间点和头后点测得的围度。

(2) 冠状颏顶围：经颏下点和头顶点测得的围度。

(3) 头矢状弧度：鼻根点至枕外隆突点间的弧长。

(4) 头冠状弧长：一侧耳屏点经头顶点至另一侧耳屏点的弧长。

(5) 耳屏点、眉间点弧长：一侧耳屏点经眉间点至另一侧耳屏点的弧长。

(6) 耳屏点、颏下点弧长：一侧耳屏点经颏下点至另一侧耳屏点的弧长。

(7) 耳屏点、喉结节上缘点弧长：一侧耳屏点经喉结节上缘点至另一侧耳屏点的弧长。

(8) 耳屏点、头后点弧长：一侧耳屏点经头后点至另一侧耳屏点的弧长。

5. 角度的测量

(1) 侧面角：鼻根点、颏点连线与眼耳平面的交角。

(2) 睑裂角：上下睑在内外眦部形成的角。

(3) 耳轴头角：耳长轴与头部长轴之间的角。

(4) 耳廓头角：耳廓与头侧面的夹角。

(5) 耳甲头角：耳甲与头侧面的夹角。

(6) 鼻面角：前额、切牙连线与前额、鼻背连线的夹角。

(7) 鼻唇角：鼻小柱与上唇的交角。

(8) 鼻额角：鼻背与前额的交角。

第二节 口腔模型测量法

牙列存在于口腔之中，难以用直接法测得有关牙齿、牙列的精确数字，只有依靠模型间接测量。口腔模型测量是矫治牙颌畸形的重要手段，能为确定矫治方案、制定正颌手术计划、设计修复体提供必需的数据。口腔模型重点测量的方法和项目如下：

(一) 牙冠宽度的测量

牙冠宽度指牙冠的近远中径，测量点是牙冠近、远中邻面最突点之间的距离，根据需要可以测量直线距离，也可以测量弧线距离。经常需要测量的牙冠是前牙和前磨牙。

（二）牙弓弧形长度的测量

取一细铜丝置于口腔模型上沿上牙弓各牙触点（下牙弓沿颊尖），在两侧第一磨牙近中邻接点处作记号，然后将细铜丝拉长，再与直尺放在一起，测出牙弓弧形长度的数值。

（三）牙弓总长度的测量

左右两侧第一、二磨牙邻接点间的连线为底线，由左右中切牙邻接点向底线作垂线，此垂线之长即为牙弓总长度。

（四）牙弓宽度的测量

左右两侧同名后牙之间的直线距离为牙弓宽度。

（五）牙弓拥挤程度的计算

各牙冠宽度（直线）之和与牙弓弧形长度之差为拥挤程度。

第三节 面部照相测量法

头面部活体测量是用各种规、尺直接测量头面部各测量点之间的距离、弧度。由于观察的角度、距离及软组织压迫力轻重不同，对测量点的定点和测量数都会带来误差。而且在受检者的面部直接测量也有失尊重。采用面部照相法测量便可弥补直接测量的不足。但只能测量平面直线距离，而无法测量弧度和围度等立体形态。

一、面部照相测量的要求

1. 相机与受检者之间的距离要固定。

2. 相机的镜头中心与受检者的面部中心点应在一条水平轴线上。

3. 受检者头面部应有定位器。

4. 受检者面部一侧应固定一刻度清晰的测量尺，以便于将照片上的测量数据换算成面部的实际数值。

5. 统一光圈大小、曝光时间和照明灯光。

6. 可以使用两脚规在照片上测量，在测量尺上得出数值，也可将照片输入微机，依靠软件进行测量和计算。

二、面部照相测量的种类

1. 正面像 观察面部的长、宽及其比例，观察面部的对称性。

2. 侧面像 显示侧面轮廓和颅面骨的凹凸程度、下颌骨的倾斜度和颏部的前突度。

3. 半侧位（45°角）微笑像 评价微笑线及唇齿关系。

4. 口内像 可拍摄正中咬合时的正面前牙咬合像、左侧咬合像和右侧咬合像，以及张口时的上牙列殆面和下牙列殆面像。口内像可观察前牙、后牙的上下咬合关系和牙齿的排列状态。拍摄正中咬合位的照片时要借助开口器拉开口颊。

三、面部照相测量法的测量点

可参考第一节颜面活体测量法的测量点，也可根据研究项目的需要确定新的测量点。

第四节 X线头影测量法

颜面活体测量和面部照相测量所获取的数据反映的是头面部软组织信息，不能揭示骨组织的结构和形态。1931年Broadbent首先使用了X线头影测量法（cephalometric roentgenography），可以清楚地了解牙、颌、面、颅硬软组织的结构及其相互关系，以及矫治过程中各部分的变化情况。

一、X线头影测量法使用头颅定位器的意义

严格定位拍摄X线头影，才能使各受检者之间的资料具有可比性，使同一受检者矫治过程中各部位的变化前后有可比性。

二、头颅定位器达到的定位标准

1. 眼耳平面与地平面平行。

2. 正中矢状面与地平面垂直。

3. 片盒与正中矢状面平行。

三、X线头影测量法常用的测量点

1. 蝶鞍中心点 S（center of sella turcia）。

2. 鼻根点 N（nasion） 额骨、鼻骨缝的正中交点。

3. 眶点 Or（orbitale）　眶下缘最低点。

4. 前鼻棘 ANS（anterior nasal spine）　前鼻棘之末端。

5. 后鼻棘 PNS（posterior nasal spine）　硬腭后缘正中最突点末端。

6. 耳点 P（porion）　外耳孔之最高点。

7. 上牙槽座点 A（subspinale）　前鼻棘点与上牙槽顶点间骨的最凹点。

8. 下牙槽座点 B（supramentale）　下牙槽顶点与颏前点间骨的最凹点。

9. 颏前点 Pg（Pogonion）颏部最前点。

10. 颏下点 Me（menton）　颏部最下点。

11. 颏顶点 Gn（gnathion）　颏前点与颏下点连线之中点。

12. 下颌角点 Go（gonion）　下颌平面和下颌升支后缘切线交的分角线与下颌之交点（图 13-3-8）。

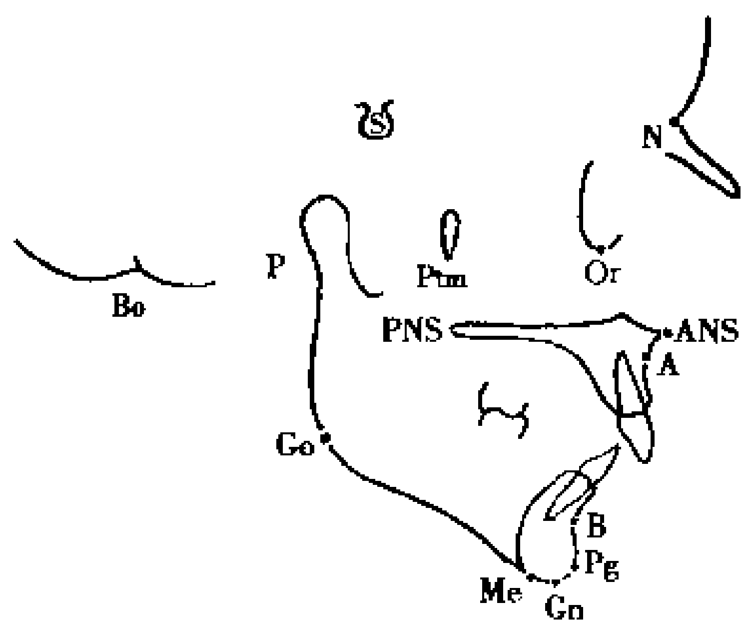


图 13-3-8　常用的测量标志点
S. 蝶鞍中心点　N. 鼻根点　Or. 眶点　ANS. 前鼻棘　PNS. 后鼻棘　P. 耳点　A. 上牙槽座点　B. 下牙槽座点　Pg. 颏前点　Me. 颏下点　Gn. 颏顶点　Ptm. 翼上颌裂　Bo. Bolton 点　Go. 下颌角点

四、X 线头影测量法常用的基准参考平面和轴

1. 眼耳平面 FH（frankfort horizontal plane）两侧眶点与耳点连线构成的平面。

2. 面平面 NPg（facial plane）　通过鼻根点、颏前点连线的冠状平面。

3. 下颌平面 M P（mandibular plane）　通过两侧下颌角下缘、颏下点连线的平面。

4. 前颅底平面 SN（SN plane）　通过蝶鞍中心点与鼻根点连线的平面。

5. 殆平面 OP（occlusal plane）　通过两侧上下颌第一磨牙覆殆中点与中切牙覆殆中点的横平面。

6. Y 轴（Y-axis）　蝶鞍中心点与颏顶点的连线。

五、X 线头影测量常用的角度

1. 面角　面平面与眼耳平面相交的下后角。

2. 颌凸角　鼻根点、上牙槽座点连线与颏前点、上牙槽座点连线之后交角。

3. Y 轴角　Y 轴与眼耳平面相交之下前角。

4. 上下中切牙角　上下中切牙长轴的后交角。牙长轴指切缘与根尖的连线。

5. 下颌平面角　下颌平面与眼耳平面之交角。

6. 下中切牙-下颌平面角　下中切牙长轴与下颌平面之后上交角。

7. 下中切牙-眼耳平面角　下中切牙长轴与眼耳平面之后下交角。

8. 蝶鞍中心-鼻根点-上牙槽座角（SNA）。

9. 蝶鞍中心-鼻根点-下牙槽座角（SNB）。

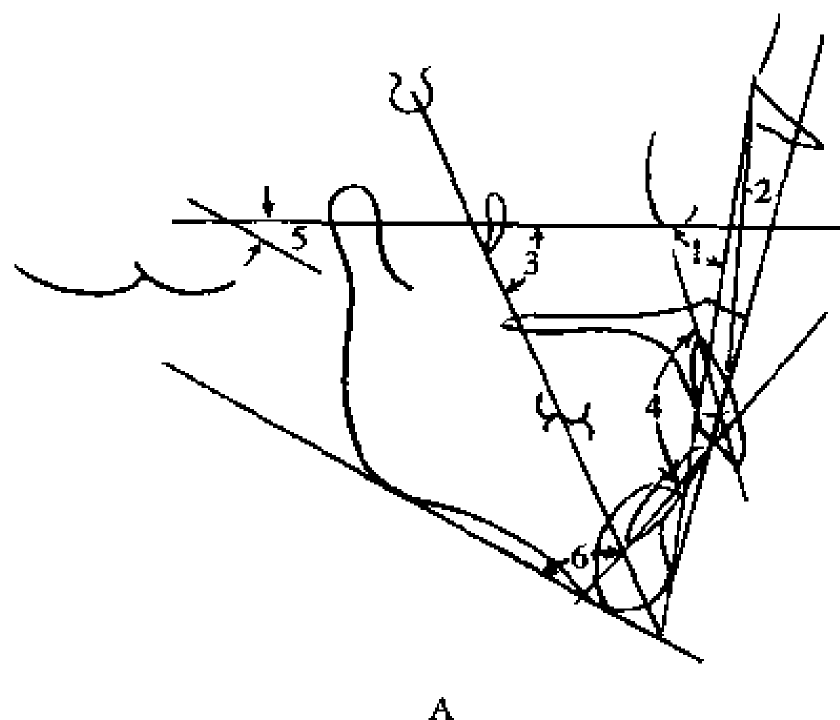
10. 上牙槽座-鼻根点-下牙槽座角（ANB）。

11. 上中切牙凸距（mm）　上中切牙切缘至上牙槽座点与颏前点连线的垂直距离（图 13-3-9）。

六、电子计算机化 X 线头影测量

（一）电子计算机化 X 线头影测量的优点

1. 将 X 线头影测量的标志点转换成坐标值由电子计算机运算，显著地提高了测量的准确度和测



A

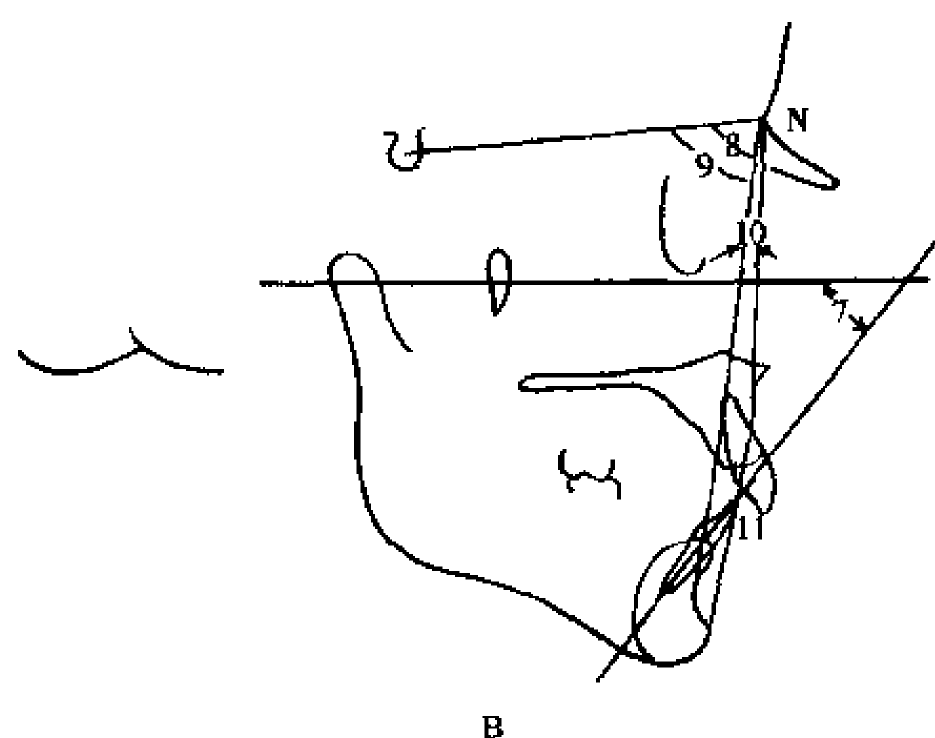


图 13-3-9 常用测量项目

量效率。

2. 可以大量储存受检对象的 X 线头影测量结果，便于进行大样本的分析。

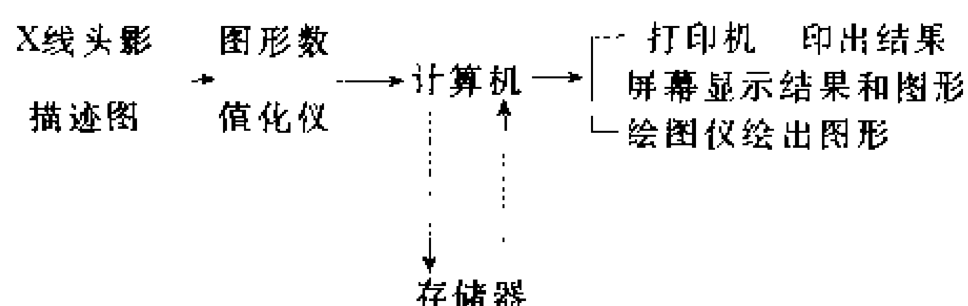
3. 可以预测正颌外科术后的面型，术前确定牙齿或颌骨移动的位置和颌骨截除的骨量。

4. 可以对颅面生长发育的变化、牙颌正畸矫治前后的变化进行预测和比较。

（二）电子计算机化 X 线头影测量系统的组成和工作程序

1. 系统的组成 主机、图形数字化仪、打印机、显示器、绘图仪、储存器（硬、软磁盘）。

2. 工作程序



3. 电子计算机化 X 线头影测量的原理和操作步骤

(1)测量原理：X 线头影片上的各测量标志点通过图形数字化仪转换成坐标值，根据数学模型，通过计算机算出测量的距离和角度，显示在屏幕上，也可由打印机印出测量结果，通过绘图仪绘出图形。

(2)操作步骤：

1)将 X 线头影图描绘在描图纸上，并标出标志点，或直接将 X 片扫描入计算机。

2)将头影图置于数值化仪上，按规定顺序将压笔逐个对准标志点按下，即可依次将各测量标志点以坐标值形式输入到主机内。

3)从点坐标求测量值，包括距离、角度、投影距等。

最后借助数学公式通过运算求出测量项目的结果。

（郭天文）

第四章 审美与美育

美学与人类的审美活动密不可分。探索人对现实的审美活动、方式、过程及规律是当代美学研究的主流，也是口腔医学美学中应当包括的重要内容。

人的审美活动包括两个方面：审美客体和审美主体，审美客体方面的内容，有美的本质及形式，主要包括：社会美、自然美、艺术美以及它们的外在属性特征——形式美等。审美主体方面的内容，有人的美感、审美心理及美育等。由于口腔医学的学科专业性和局限性，在口腔医学的审美概念中，审美客体，主要指"人体形态美"，"健康美"，并且主要侧重于对人的颜面"容貌美"的各种"形式美和美的形式"及其应用规律的认识。这方面的内容，在前面三章中已作了详细介绍。而审美主体，主要指医生、患者（因为病人也是自己牙颌面健康的审美主体）的审美心理结构和心态，以及医生、患者、环境间的关系。了解和掌握影响医生和患者这两个审美主体心理变化的因素和过程，熟悉美感活动的规律性，以及重视有关美育教育（美育属审美主体的提高）即重视如何培养正确的审美观与欣赏美、创造美的能力，应当是医学美学的一个重要内容，应当与前面所述研究审美对象中有关人面的形式美、评判标准和方法同样重要。这样才全面体现了口腔医学美学的内容，才符合现代生物、心理和社会医学模式，即新的医学观的基本精神。

第一节 口腔病人的审美心理及治疗意识

口腔疾病是指以牙齿为中心，包括口腔、颌骨、颜面的炎症、外伤、畸形、肿瘤等一系列疾病。口腔疾病所造成的牙、颌、面的痛苦、缺损或缺陷，不仅影响患者的咀嚼消化、呼吸、发音等正常生理功能，而且由于口腔所在面下1/3的颜面形象美直接影响到人的社交活动，因而也必然影响人的审美心理意识。

一、病人的心理类型及诊断

人的五官是最重要的审美感觉器官，五官感觉构成人类一切活动的基础，列宁说："不通过感觉，我们就不能知道实物的形式，也不能知道运动的任何形式"。而颜面是五官的集中部位，反映着人的心理状态和情感变化，它是美感效应的起点，不但能接受外界美感的信息，而且能输出人的内心情感给外部世界。正如黑格尔所说："精神的表现尽管要贯穿到整个身体，却大部分集中在面部的结构上"。口腔作为颜面的重要组成成分，其疾病所造成的颜面形象的任何损害，都可能会给人带来沉重的心理负担和创伤。可表现为他们的个性和心理特征的种种变态：如苦恼、自卑、孤僻、不愿交际等。这种病人大多对美的感受性更敏感强烈，而感情却十分脆弱，如果一旦被人讥笑，甚至可出现厌世轻生的念头，而他们的父母、亲属的思想压力，有时不亚于本人。1959年日本口腔医师山崎清在一篇题目为"关于美丑与性格的论文"中，报道了对日本青少年学生进行了容貌与性格的调查结果，发现容貌差者性格多倾于内向型，认为容貌对性格有很大影响。1966年一位口腔正畸学家Linn曾作过这样一个有趣的社会调查，题目是"牙外观的社会意义"，作者以1862名20多岁的青年人为对象进行了这样的假设提问："格林一家经过长期积累，准备买一套住宅，最后已能支付这笔钱了，但此时，他们13岁的儿子因为牙齿拥挤畸形变得害羞。在牙医处就诊后，医生说，牙齿能够而且应该矫治。但这将花掉他们的大部分积蓄，而不能够买房子了"，提问是："选择房子还是选择正牙？"结果80%的回答是选择正牙。再进一步追问正牙的动机，其中受过良好教育的被调查者，主要是考虑消除孩子害羞对身心的影响，而工人阶层的被调查者主要是考虑孩子的健康而未提及孩子的害羞。由此，作者提出，对美的追求，在不同阶层的人中有共识，但也有区别。随文化水平和层次的提高，容貌对人的心理影响将越来越更受重视。

近年来，随着我国社会开放和经济的发展，社会交流越来越重要，“五讲四美”已越来越成为一种相约成俗的社会公德和评论人品的标准。但人们对美的需求存在着一定的高低层次差异，对美需求的质与量、审美要求的高与低、对不同个体及处于不同社会阶层的人，其标准是不同的。这必然会表现在他们对美的认识心理，以及就诊心态上。对口腔医务工作者而言，了解和重视不同层次就诊者的心态、求美心理、接受治疗的心理、并进行合理地心理诊断、心理治疗和心理调护是口腔医生必须面对的问题。

（一）患者的常见心理类型

希波克拉底（Hippocrates）说：“了解患者是什么人比了解患者所患的病更重要”。爱美之心，人皆有之，但由于患者的社会、文化背景和审美观念的不同，在爱美的普遍性中存在着很大的个体差异性。表现在临床中对治疗的要求为：一般-较高-过高。对治疗的态度为：主动-合作-不合作等区分。这些对治疗的要求和态度的差异性包括着对美的需求层次与审美心理的差异。此差异常常与牙颌面缺陷和畸形的程度无关。而与患者的心理变化呈正比关系。例如，同样表现程度的上牙前突畸形，有的患者可能漠视它，认为无关紧要，而有的患者则可造成很大的负性心理压力。临床上还可遇见一类“畸形忧郁症”患者，夸大自己容貌上的缺陷，这多与精神高敏与精神创伤有关。造成这种审美和治疗需求及审美心态差异的原因多与个体的素质、个人经历、文化素养、职业、人群环境、家庭背景有关，并且受社会、民族、风俗习惯及传媒的影响。作为临床口腔医师要善于通过观察与交谈，准确把握个体的爱美层次及审美水平，了解患者的性格和心态，才可以“因人施治”地解决病人的生理和心理上的疾患，提高疗效、减少失误、避免医疗纠纷。

对于医学美容中就诊者的心理表现和类型，国内一些学者进行了不同的分类，如孙少宣将其分为10种临床类型。李祝华将其分为5种心理表现。本文按临床医生的思维习惯将其归纳为三种心理类型：

（1）一般心理型：占就诊者的绝大多数。这类病人存在牙颌面上的缺陷，但有正常的治疗情绪和心态，能正视和正确评价自己的缺陷问题，无自卑感。在对待治疗的合作态度上，这类病人又可分两类：一类是主动就诊者。该类病人治疗态度积极、合作，能理解治疗预后和效果，无过分要求。多见于年龄较长、思想成熟，家庭和睦、学习工作顺畅、受教育层次较高者。另一类是被动就诊者。对治疗要求不积极或是在别人或家长督促下才勉强就诊，治疗要求不高，治疗中合作较差，这类患者多系对美尚处于无知或麻木状态，审美情趣低，此多见于未成年儿童以及工作环境较低层及受教育层次较低者。对于后者，口腔医师应激发其对美的价值的认识，诱导其审美情趣，使其从漠视颜面美的治疗转化为正视和重视颜面美的治疗。特别是儿童就诊者，如儿童错䂙畸形的早期止畸治疗，应当启发其对健康的牙和颜面美的认识，否则将导致治疗的逆反负性心理反应，造成治疗不合作，影响治疗效果，甚至引发新的不良心态失衡。

（2）性格缺陷型：性格是个人在社会活动中所表现的习惯行为方式，如开朗-孤僻、果断-优柔、和蔼-粗鲁、豪放-拘谨等。性格的形成主要在青少年时期，因而青少年期牙颌面美容缺陷对性格形成的影响特别大，此期牙颌面畸形或外伤所造成的长期不良心态可影响不良性格的形成。不良的性格表现有：内向、孤僻、固执、急躁、偏激、优柔寡断。反之，不良的性格又可以影响和导致不良心态的产生，如自卑、羞怯、忧虑、自私、暴躁、不合群、情绪低落等，这些都是口腔和颌面缺陷者最常见的心态表现。咎其原因，常与周围人的议论、讥讽、异样注视、不公平待遇有关。性格较差呈不良心态的就诊者，在医师面前可表现出两种不同的就诊态度：一种是羞怯、不敢轻易表露自己的心声，对治疗中出现的问题也不敢大胆成言，多见于性格内向者。另一种是将痛苦“和盘托出”，滔滔不绝吐露衷肠，对治疗急于求成，多见于性格外向者。不良心态的进一步发展，严重者可出现消极、绝望、轻生、寻衅的心理。对于此类型病人，医师除了认真地计划和实施治疗外，还应当谆谆诱导及启发患者对自身缺陷及治疗后状态的理解和认识。应当在治疗前，让患者感受到医生的深切同情和帮助，获得患者的充分信任，消除疑虑。在治疗中，积极鼓励其正确对待人生，对治疗充满信心。而治疗后，应当关心和帮助其在今后的生活中加强修养，完善性格。实践证明，此类病人在治疗过程中多很合作，但由于患者性格上的缺陷，医师的语言

暗示、态度作风极易影响病人的心态，因而，应特别加以注意。否则即使矫治了畸形和缺陷并获得很好的效果，也难以达到让患者愉悦和自信的效果。

（3）心理障碍型：心理障碍可表现为感知障碍、情绪障碍、意志障碍。这类病人常多系主动求诊治疗，但检查结果于主诉不符，对疾病的叙述过分夸大，对治疗过分疑虑、挑剔。有的患者就诊时所提出的所谓缺陷，常常是正常范围的个体变异或仅有一些难以觉察的形态缺点，但病人却因此郁郁寡欢、失眠，甚至不能正常工作。这类病人就诊时，多自带镜子反复照看，对外人的注视、语言高度敏感、猜疑。大多与个体的精神构成、社会环境等的劣刺激有关，表现为精神高度敏感、多有精神创伤史。此类患者对治疗提出的要求和期望常常过高、过分。但并不是凡是对治疗要求过高者，均为心理障碍型，应当注意鉴别那些因对美容知识及解剖生理知识缺乏或因不科学的公众传媒，如电影、小说影响所至的要求过高患者相区别。有人将心理障碍型归属于精神失态症，即神经官能症。因此，对该类型患者的治疗应十分慎重，决不要轻易施治。需与精神科医师会诊，明确诊断，进行必要的心理咨询及精神治疗，待症状改善后，方能实施治疗。否则将对医师和患者带来极大的隐患。造成术后争执、纠纷、对医患双方带来精神创伤、痛苦、遗憾，并导致不良的社会影响。

（二）口腔疾病审美心理诊断方法

对口腔科患者的心理诊断是临床诊断中的薄弱环节，随着社会进步，思想开放和文化教育水平的提高，随着医疗制度的改革，医患自我保护意识增强，人们对疾病的认识已更加深入提高。现代医学认为人不仅仅是生物体的人，而且是有思维的人，更是社会群体中的人。人的疾病不仅带来机体（生理）上的疼痛，还包括心理的痛苦和社会的创伤。特别是涉及人面部，作为五官集中、情感表达、社会交流的“镜子”和“橱窗”，当涉及有口腔牙颌面的先天和后天缺损、缺陷、畸形及外伤等疾患时，病人心理的创伤和社会影响更不容忽视。国内有学者提倡在医学美容临床中，应当始终进行生物-心理二维的诊断、治疗与疗效判定，并建议在此基础上逐步提高为采用生物-心理-社会三维的诊断、治疗与疗效判定的原则与方法。口腔医学中的临床诊断也应当遵循这一原则和方法。以下仅就口腔医学临床诊断中有关心理诊断的方法作一简述。

（1）相互交谈法：最好由医生和患者单独进行，但由于就诊者特别是性格内向者常有羞涩心态，产生隐瞒动机，对此，可增请病人所信任的亲属或亲近人参加。交谈中医生询问的技巧至关重要，应以同情、关心、耐心的语气，和蔼可信的神色去获得对方的信任。交谈应在轻松、无拘束和不自觉的气氛和无干扰的环境中进行。交谈主要应包括以下几方面内容：

1）了解就医者的治疗动机和目标：口腔医学中就医者的动机可以是多种多样，表面上大多是为了解决牙颌面功能上的缺陷，如修复牙列缺损、矫正牙颌畸形、治疗唇、腭裂、外伤整形等。但很多病人其内心深处的潜在意识是追求容貌及形体的美。此时彻底了解病人就诊时的主诉“你为什么要治疗?”“你治疗的要求是什么?”十分重要。由于病人对医学治疗的范畴及限度大多茫然，对能改善的程度和结果，治疗所需的过程和时间都缺乏了解，其治疗的动机和目标常模糊不清，所提出的要求常常过分、幼稚、无知，甚至无理。例如病人的治疗动机，可以是为了某种职业需要、受局部习俗的影响或为了恋爱婚姻、或受某些宣传的影响，而要求在短期内改变或实现患者自身条件内不可能达到的牙面部美容效果，如拔去正常牙镶上金牙，在半年内矫正严重畸形的牙齿，要求拔除错位的尖牙，将前牙从正常覆𬌗变为切对切咬合等。其中，患者的治疗目的，一类是为了对付社会压力，期望治疗的结果能改变其生活、求职状况；另一类患者是本人能较好适应社会，仅需要改善自己的功能、形象及美观。这两类不同治疗目的的患者，从心理学的角度，前者比后者难处理得多。通常，只要动机明确、要求合理、对治疗愈后的满意率是高的，而动机本身不明确、要求过高，即使是非常成功的手术也难以达到使患者满意的结果。动机不清、目标过高的人往往在一定程度上存在着一些心理障碍，对此类病人一定要在术前注意作好解释引导工作及进行必要的心理治疗。

2）了解患者的社会背景和审美观念：由于病人社会环境和地位的不同、文化层次高低及个人素质的差异，表现出的审美观念和要求可以是形形色色、千差万别的。了解患者的社会背景，可以从社会学的角度帮助我们了解患者的心理特征，有的放

矢地进行心理咨询和实施治疗。一般而言，在口腔治疗的审美要求中，社会地位和文化层次比较高者对审美的要求比较细腻，十分在意外界的反应，治疗后的心理变化比较明显。而社会地位和文化层次较低者更重视功能和健康的恢复，心理反应不甚敏感。

3）阐明医师的治疗设想和建议：即向患者全面、客观地介绍病人的病情诊断结果、治疗方法、设计特点、可能达到的目标。讲明治疗过程中可能出现的问题。耐心听取并详细解释病人所提出的过高或不可能达到的要求，列出几种设计方案，说明利弊，并与其充分讨论和协商达成共识。通过医患相谈达到交流和理解，是治疗合作成功的重要保证。

（2）观察法：对患者的观察可在与病人的交谈过程中同时进行，也可单独进行。观察法分为直接观察法与间接观察法两种：

1）直接观察法：指在与病人面对面接触交谈及治疗过程中，通过病人回答问题的态度、语调、手势、面部表情、目光、动作以及病人的衣着、面部修饰（如化妆、发型追求等）直接对病人的言谈、表情、行为、态度、审美意识等进行观察。亦可从非直接接触中，在病人不知晓的状态下，从旁直接观察病人与他人交谈及独处时的言语行为表现。一般通过直接观察大多可在短时间内发现问题，但有时需要较长时间和多次的仔细观察才能发现病人是否存在心理障碍和行为异常。

2）间接观察法：系通过家属、亲密关系者、老师或同事，有目的、有计划地协助观察患者在日常生活、学习和工作中的性格、性情、心理状态、社会行为变化。此种方法对于性格内向或有“对抗性”性格的人比较适合。但一定要让所托负的观察者充分了解医生的意图及观察要点，并正确反馈所获得的信息资料，而且常需医生在直接观察中再进行验证分析，才能是可信的。

二、病人治疗的心态表现

口腔临床中，涉及有关牙颌面美容的治疗与其他常见口腔疾病如龋齿、牙周炎、口腔肿瘤等的治疗不同，由医生说了算的成分相对较低，而必须充分尊重病人的愿望和要求，充分得到病人的理解后方能实施治疗。前已述及，由于对美的要求和层次各不相同，表现在病人初诊时、治疗中及治疗后的恢复期都会出现形形色色的心态和社会行为表现。分析掌握这些心态和行为表现，有助于医生进行针对性的咨询，恰当地安排治疗和有利于术后康复。

（一）初诊时的心态

（1）求治心切：是大多数初诊病人的心态表现。病人常因容貌的缺陷、畸形或外伤受到周围议论，或因颜面缺点导致招工、升学受限，或因媒体宣传所致的美容热和一时冲动而就诊。求治心切的心态常导致病人易信流言宣传，产生短期内改变自己容貌缺陷的心理，可表现为八方打听、四处求医，甚至不远千里、不惜千金去寻求能短期治愈的名医。初诊时，表现为要求医生立即治疗，用最短的疗程解决问题等。求治心切应该说是一种正常的心理反应，但极易上当受骗，造成因江湖游医的非科学治疗所致的难以挽回的后遗症。例如，在牙颌畸形的正畸矫治中，常遇到一些病人因听信江湖庸医“短期治愈”的许诺，盲目拔牙、盲目加力造成牙间隙、牙松动坏死、牙髓炎症及片切后牙形失真的后果而酿成后根。对求医心切的病人，医生应取热情、科学、同情的态度，应尽力让其了解施术的过程、转归、限度和预后，求得病人的充分理解和信任，有条件者应尽早安排实施治疗。

（2）期望过高：也是病人常有的一种初诊心态，大多因病人缺乏有关医学及人体解剖生理方面的知识，或受电影、小说的影响，以为医学可以随心所欲地改变一切。对此，医生应站在患者的立场，充分理解患者这种追求完美的心声，同时更应让病人了解医学治疗的限度、理解千差万别的人类社会中，个体美的特点和该患者所能达到的个体治疗目标，可列出种种方案和可能，或者通过电脑形象化的显示出治疗目标（VTO）让患者选择。此外，还应让患者了解治疗的风险和可能的不良后果，实事求是地据实解答病人所提的要求和问题。而决不可贸然开始治疗。

（3）疑虑：也是病人的常见心态、表现为就诊时反复地、不厌其烦地询问有关治疗的效果、是否痛苦、疗程长短、是否会反复、有何不良后果、医疗费用等。疑虑也是一种正常的心态表现，因为每个病人，特别是老年病人，例如失牙修复，都希望自己能选择到满意的有经验的医生，能达到安全、

有绝对把握成功和少花钱的效果。但是过分疑虑则是一种异常心态，常见于精神敏感或性格优柔寡断的病人，并且和病人的知识层次及与报章杂志上的一些治疗手术失败的报道有关。对于此类病人，应取耐心态度，应通过介绍已成功病人的治疗情况，如给病人观看已治愈病人治疗前后照片对照等。并应耐心告之治疗中可能出现的痛苦、疗程和预后。甚至可请病人亲自走访与自己缺陷相同的治愈者，以了解治疗的体会和效果。待其对自己的缺陷和治疗方法有充分明确的认识后，再开始治疗。

（二）治疗中的心态

（1）急于求成：多由于下述因素产生，如婚姻、工作调动、就业求职、转学、升学以及工作学习紧张等。也可由于外界刺激，如同事的询问、相似病人已经病愈以及患者本人性格急躁、心理准备不充分、不理解治疗的过程等因素有关。表现为治疗中反复催促医生加快进程、焦躁不安、甚至不遵守医嘱、自行调整治疗，如正畸中自行改变加力的力量、外科中提前去除牵引、自行拆线等。遇到此种情况，医生一定要据理说明治疗的过程，告诉病人在治疗中的个体差异及不同反应，说明焦急对正常恢复、确保疗效无益。应与病人建立良好的信任关系，必要时应进行有关的心理安抚治疗。

（2）恐惧害怕：多见于儿童及有畏惧心理的妇女。面临治疗常表现不安、失眠。在治疗时则可出现非正常的心跳加速、脸色苍白、躁动、颤栗、大声呻吟、喊叫，甚至拒绝治疗、昏厥等。对有恐惧心理的病人，应通过医护人员耐心、和蔼的解释，通过家长及亲友的诱导说服、鼓励，并可促进其与同类病友接触，观察示范进行疏解。面医生则应在施治过程中，特别是开始或第一次治疗时，操作尽量轻柔，善于转移其注意力，让病人放心、安心。对有高度恐惧心理，不合作及拒绝治疗的病人，应暂时不予治疗，待逐渐解除心理恐惧后，才能实施治疗。

（三）康复时的心态

（1）紧张不安：在治疗后，特别是正颌或矫形外科手术后，短时间内必然有不同程度的组织反应和局部水肿，加之此时病人尚不知术后的容貌改变，因而可产生心情紧张、焦虑不安。严重者不思饮食、夜不能寐，这对治疗的康复是不利的。为了帮助病人平静地渡过这一情绪紧张的阶段，①应向患者指出术后水肿及反应是机体组织正常反应和愈合规律，②应鼓励病人参加适当有益的文体活动，分散其注意力，③对术后伤口出现的一些不良状况，如感染或并发症应及时处理。④创造良好的环境和气氛。让病人能以正常、健康、乐观的心态对待术后的反应是保障术后顺利康复的重要环节。

（2）疑惑失望：面颌部手术后的完全康复和重建常常需要数月到一年以上的时间。一些病人拆线后常自以为治疗的最后改变已经定型，对治疗后的容貌恢复可能会产生失望和疑惑，并且极易受周围语言的影响。因此，在病人自我容貌评价方面，应充分让其了解术后的改建要在较长的康复时间内才能最后定形，拆线后的一些改善还不是最后远期的效果，让患者对远期的疗效应有充分的信心和把握。在对外界的反映方面，由于此期患者极易受周围语言的影响，特别是恶劣语言的刺激。此外有的患者还担心周围同事、朋友不能接受和理解手术后自己容貌的新改变。此时，医生及周围亲友的同情、理解、鼓励和安慰，特别是周围良好的语言安抚是患者最重要的精神鼓励和自信心的支柱。为此，医务人员、病友及亲属均应共同构筑这一有益的环境氛围。让患者顺利渡过这一心态不稳定、情绪恍惚的过渡时期。

（3）恼怒偏激：主要出现于期望值过高、治疗效果不理想、治疗效果差及治疗失败的患者，轻者出现失望、埋怨、忧郁、悔恨，重者可出现恼怒、漫骂、威胁医务人员，甚至发展为攻击行为。对于期望值过高者，应耐心给予解释说明，说明治疗的局限性及个体差异，让患者了解每一个人都有自己的美，自己的个性特征，让患者应以正确的态度对待自己的问题。对于效果欠佳或手术失败者，应在作相应解释的同时，审慎地采用必要的补救治疗措施或进行正确、有法可依的补偿，同时应嘱其家人或亲友注意防范意外情况发生，确保医生和患者的人身安全并总结教训，防止类似情况再次出现。

三、治疗对象的心理适应证

在口腔美齿、修复、正颌外科、整形及正畸等涉及颜面美容的治疗中，重视就诊病人精神状态及心理的综合分析、进行心理适应证的选择，是保障成功的治疗，避免不必要的纠纷和失误的重要环节。特别是随着国内医疗改革的实施，近年来，

医、患自我保护意识不断增强，医务人员重视和谨慎选择心理适应证和禁忌证更显得十分重要。有关对美容受术者心理适应证的选择条件，在国外特别严格，国外不少学者及临床教科书中都提出及详列了诸多禁忌条款。但由于国人的民族文化习俗、意识形态、物质文化水平等的差异，不一定均适合于国情。而且对治疗对象心理状态选择的具体要求是十分灵活的问题，不仅与就诊者的个人心理素质、心态、包括审美水平有关，与其年龄、家庭、职业、社会环境有关，同时也与医生的水平、经验、威望，医院的条件和知名度、权威性有关。并且，随着社会精神和物质文明的发展、审美观念的变化，今天确定的原则，若干年后可能变动或完全不能适用。因此，本文仅综合国内外学者的经验，将其心理状态分为相对禁忌证及禁忌证，分列如下以供临床参考。

1. 相对禁忌证　即指暂不能实施治疗，在治疗前需经过必要的交流、沟通、解释、说明、使就诊者获得正确的治疗认识，并对治疗及预后过程作好应有的心理准备后，方可能开始治疗的症例。

属于这类病人的情况有：

(1) 患者治疗目的模糊不清，或没有明确的目的要求，仅希望医生作得越漂亮越好。

(2) 口颌面有较明显缺陷，但患者自身尚对此缺乏认识，经医生指出才明确。

(3) 对治疗中可能出现的治疗反应及恢复过程和康复时间缺乏心理准备。

(4) 本人及亲友对治疗效果缺乏正确理解和认识。

(5) 手术后可能达成的预期效果与患者有一定差距，不能让患者满意。

2. 禁忌证

(1) 缺陷轻微，治疗前后疗效对比不明显，但病人期望值又过高者。

(2) 缺陷不严重，却极力夸大、过分自我挑剔。反复纠缠医生或四处托人，就医心切表现过分者。

(3) 本人对治疗缺乏心理上、时间上、经济上的准备，而亲友及周围人群对治疗方法毫无认识者。

(4) 将生活中的逆境和挫折归咎于口颌容貌缺陷，但据医生分析其缺陷并不很严重者，此种可能性不大者。

(5) 有多次治疗及美容史，对先前的治疗效果过分挑剔不满意者。

(6) 有精神症状、心态不正常或精神病、精神史者。

凡属上述情况之一者，可视为治疗的心理禁忌证，特别是有精神症状者，决不能贸然开始治疗。应该约请精神科医生会诊。其他情况者，应作好解释、安慰和诱导工作，或说明疗程不理想，目前尚无治疗价值，不必为轻微缺陷而苦恼等。心理安抚和心理治疗是解决病人上述问题的重要手段和方法。

对心理禁忌证患者的心理治疗方法很多，目前常用的有语言方面的说理疏导疗法、精神支持疗法和暗示疗法等。严重者可辅以松弛疗法、催眠疗法、音乐疗法。此外，主治医师的权威性，争取家属及亲友的配合，创造良好的诊治环境，对病人自信心的恢复，心理健康的恢复都是必需的重要条件。

第二节　审美的差异性和共同性

在大千世界中，人的颜面千姿百态，对容貌美的认识和评价也千差万别，正如民间谚语所说："各花入各眼"，"情人眼里出西施"，这是审美的差异性。另一方面，人们对颜貌五官的"外表美"却又存在着高度惊人的共识和统一。例如，决不会认为维娜斯雕像的颜面是丑的，蒙娜丽莎的微笑会让你不愿再多看一眼，更不会面对广告模特儿整齐洁白的牙齿说："这牙真丑"。这是审美的共同性。人的审美感受（美感）是人类所独具的高级情感活动。造成这种审美感受的差异性和共同性不仅与个体先天因素（气质型和能力型）有关，而且主要和个体所生活的后天环境有关。即与审美者所处的历史时代、民族环境、社会阶层，以及个人的生理条件、心理状态和美学修养水平密不可分。口腔医学作为涉及人面形象的重要医学学科之一，在培养口腔医师的审美能力中，了解产生这种美感差异性和共同性的历史、原因和表现，对提高自身审美直观力、知觉力和理性判断力十分重要。以下仅就与口腔医学有关的牙齿及颌面部美感及审美性的时代性、民族性、社会性等问题加以简介。

一、审美的时代性

每一代人都生活在特定的经济、政治、文化、审美时尚的时代大环境中，都必然打上时代的烙印，形成审美的时代性特征。对容貌的审美认识也一样，可从有关描绘人面形象的艺术发展史中，得到鲜明的印证。

史前时代　人类的进化可以推溯到300多万年前，约50万年猿人进入旧石器时期，反映在这些史前时代人类的少许人像艺术品中，如法国，格里马底洞发掘出的圆锥裸女，其头面是模糊的，用奇怪的圆球形表示，据考古学家认为，可能是一种迷信和惧怕的原因而避免与真人的面相似。然而，由头颅骨化石所重新复原的古猿人面像，如我国1963年陕西发现的蓝田人的复原像中，可以见到早在100万年前人的颅面特征已出现了健全的面、高眉嵴、凸颌、宽大的下颌，应该说这种低额、鼻梁扁平、凸颌、无颏，在颜面美上是不能与现代人的美容概念相比。但在谋生是第一任务，为活命武装到牙齿的史前时代，人的每日生活方式必须全神贯注于狩猎、谋食。美是和食物相连的，突颌、锐利的尖牙也许更有利于撕咬野物，也许更美，前已述及，这一点从中国象形文字“美”字“从羊从大”，可食的羊大为美，也可以间接说明。

古埃及　是比中国更早进入奴隶制社会的地域，大约在5000年前，尼罗河流域的埃及文化发展起来，对颜面美的艺术追求可以从金字塔及庙宇中发掘出的王族雕像颜面部表现出来，其颜面所呈现出的是圆而宽的脸型、浅眉嵴、明显轮廓的鼻、厚唇和较明显的颏突。特别是十八王朝著名的纳弗尔蒂（Nefertiti）皇后的头像。被艺术家形容为修长的额、迷人的侧面、匀称的下颌、面部平衡对称都惊人的准确，表现出东方民族对人面美的理解和追求。

希腊、罗马时代　稍迟于埃及之后，在希腊、罗马，随着物质文明的进步，人们开始进一步从哲学和雕刻的角度讨论及塑造人面的理想形态美。此期的艺术家则在雕塑中完成了三维空间所显示的人体形态（包括人面）美的创造。1820年在米罗岛发现的古希腊维娜斯雕像可体现古希腊对人格化的神的形体和颜面美的理想追求，面像所表现出严格对称、匀衡，比例的特征尽管并不与目前在希腊及欧美人中所看到的面像完全相同，但古希腊及罗马时代对人面美的描述和造形却影响和奠定了现代人体及人面美雕塑的基础形态和范例。

欧洲中世纪　在公元4世纪末，被历史称为中世纪黑暗的宗教狂热控制了欧洲，教士们认为人体的美在外，精神的美在内，并将希腊、罗马时代对人体（包括颜面）自然美的创造指责为异道邪说，并加以谴责，宗教狂热者们不仅烧死了很多科学家，在艺术上也人为破坏了很多人体艺术品。例如第四世纪的希阿多什（Theodosius）大帝在罗马东部下令将境内所有希腊艺术品、文物遗迹都毁灭掉，六世纪法国马赛区主教甚至连圣像塑品也销毁，认为只能从教义上去理解圣像。这时期保存下来的艺术人面多为严肃、忏悔、悲切和呆板的圣像，显示了当时社会压力的阴影和内心的悲怆。

文艺复兴　直至15世纪，以意大利佛罗伦萨为中心的文艺复兴运动兴起。米开基朗诺（Michelangelo）、达·芬奇（Leonardo da Vinci）、拉菲尔（Raffaello Sanzio）是文艺复兴时期的三个代表人物。在他们所绘制及雕塑的人体艺术品中，对面部的描绘自然、不强调绝对对称，但又有确实的比例，从静态中表现出动态的美，如大卫雕像、蒙娜丽莎的微笑体现出了当时人们对美的最高志向和理想。随着印刷术的发展，此期开始出现了美与颜面美学的论文，如16世纪早期一位名叫菲恩斯多那（Firenxnola）的意大利人写了一部描述女性美的书，认为完美的女性颜面为：“当嘴闭合时，唇应当以下唇凸不应超过上唇凸、上唇凸也不超过下唇凸的关系接触，唇间角应大，以钝角为佳……”。

中国　在对人面的评价中，我国不同历史时期也存在着不同的审美标准。如两千多年前的诗经“卫风”中，描写美人为“硕人”，硕者高大白胖也。用“龇唇历齿”——遮不住牙齿的嘴唇，稀稀疏疏的牙齿来形容丑妇（登徒子好色赋）。在魏晋六朝时代，则以瘦削为美，如“孔雀东南飞”中，用“口如含珠丹，指如削葱根，纤纤作细步，精妙世无双”描写焦仲卿妻的瘦弱和娇态。在唐代，则以胖为美，保存下来唐代绘画中，美人都是宽颐、人中长及体胖。据说杨贵妃就很丰腴，被她的嫉妒者骂为“肥婢”。至明清时代，赞美妇女常以“长项削肩、瘦不露骨”，即均匀不胖，偏瘦及鹅蛋形脸、小脚为美。而当今时代，我国流行的选美小

姐，国内现偏重身长和“三围”的形体，而将牙面的标准特别是牙的标准放到了较次一级的地位，以至有记者评论说:“牙齿太丑，简直不敢视其笑时的露牙窘态”。这也反映出我国现今在牙齿审美方面的落后、不足及缺陷。

现代社会 有关人面形态的研究不仅仅局限于艺术领域而且进入了实用科学领域如：人类学、法医学、医学放射学等学科领域中。在口腔医学领域，对颜面美学研究最早和讨论最多的学科是口腔修复学、口腔正畸学及口腔颌面外科学。用一定的准绳去评价颜面美是现代口腔医学颜面审美的目标和方向。时代在前进，古往今来，人们对颜面美的认识从模糊到现实，从现实到理想，从对称比例到自然和谐，从简单呆滞到生动活泼，颜面美不仅是一种客观的存在和表现而且仍是一种不断变化而且能打破主观限界的概念。随着时代的变化，人类的美感概念将会继续变化和不断更新。

二、审美的民族性

不同地域的民族由于地理环境、人种生活习俗、生产方式和文化传统的差异，形成了各具特点的审美情趣、审美观念和审美理想，使审美具有鲜明的民族特征。以口腔医生最关心的牙齿为例，以何为美，存在着不同民族的认识差异。

染齿 人们都赞美整齐、雪白的牙齿为美，但据载，唐代我国西南地区有的民族却赞美黑齿，过去傣族的诗歌中形容最美丽的姑娘就用“长着乌鸦一般的黑齿”来描述。在澳洲，密克罗尼亚土著居民每逢节日活动或社交时，染黑牙齿，称为“齿饰”。台湾高山族人喜嚼槟榔染黑牙齿，据台湾《凤山县志》记载，当地常常举行一种庆典仪式，集体用烟墨染黑牙齿。在门牙上包金贴锡也是一种齿饰的方式。六十年代以前，在我国西南、西北等傣族、维吾尔族及藏族地区，仍有以门牙镶装金牙为时髦并以此来显示其富贵和漂亮。

损齿 从考古发掘中发现，自远古来“凿齿”习俗长期流行，直至近代，东南亚地区如马来土人仍有把牙齿锉成斑纹以示其美。据说越南沙族和布标族的女孩长到十三、四岁，男孩长到十五六岁时，要举行锉牙仪式，表示成年。我国贵州的仡佬族过去因崇尚拔去侧切牙，认为会更有力量。故尚有“打牙仡佬”之称。拔牙毁齿的美容习惯在世界另一些地区的土著民族中也很盛行。如非洲赞比亚河上游地区的巴托克族人，自古以牛为崇拜的图腾，竭力想模仿反刍动物，于是拔掉自己的上门牙，据说在他们那里，没有拔掉门牙的人被认为是丑的。澳洲开西斯人，拔出上颌两颗中切牙，并把拔下的牙齿捣毁后抛至秘密处，同时要举行毁齿仪式等。

肤色 对颜面肤色的审美，不同的民族也大异其趣。达尔文曾记载道：非洲摩尔族人看到白人的肤色“便皱起眉头来，好像不寒而栗”。卡尔非人中对长得较白的男子“没有一个女子愿意嫁给他”。而西海岸的黑人“称赞皮肤越黑越美”。

面形 对头面形态美的认识也各不相同，“许多美洲印地安人赞美极扁的头，它们扁到这样的程度，以致在我们看来好像是白痴的头”，“非洲西北海岸的土人把头部压成尖圆锥形”。“塔希堤人把高鼻子视为侮辱的字眼，为了美观，他们把小孩子的鼻子和额压平”。马来洛洛族妇女，在自己的嘴唇上穿一个孔，挂上一个叫作“呸来来”的金属或竹制的大环子作为装饰，以此为美。

口形 对口形的评价，华夏民族多以“樱桃小口”赞美漂亮女性，主张“笑不露齿”，“掩口面笑”。但西方人则认为微笑时牙露及龈缘，口角能延及第一磨牙的宽月形为美，而黑种人则以红唇部浑厚，上下唇前翘最为性感。

存在于各民族、人种间的审美习俗是在长期历史过程中形成的，但随着历史的发展，各民族间的频繁交往，使民族文化和心理不断交融、理解，并互相消化。一些对牙齿及颜面非功利性并有损于健康的审美成分，越来越被人们所认识而抛弃。例如，如今的傣族人已看不到染黑的牙齿，在仡佬族青年中也看不到缺损的侧切牙，至于镶嵌金牙的部位已基本上限制于在缺损的后牙区域。据中国援吉布提医疗队的专家报道，现在当地人成年后进入城市，由于审美观点的改变而纷纷要求恢复被凿去的切牙外形，并占光固化修复治疗的 70% 以上。由此可见，世界各地对牙齿洁白、整齐、健康美的追求随着文化的交流将越来越趋于共同和统一。

三、审美的社会性

人是社会的人，社交活动是人类特有的基本活动。社交促进了人对审美活动的认识和进步。但人

类社会中，不同的阶级、阶层，不同职业的人，其审美的出发点及认识存在着不同，并且受到社会舆论的影响。

阶级性　自从人类社会进入阶级社会以来，各个阶级的审美趣味和理想制约着各阶层人的审美感受。这是由审美者的政治和经济地位所决定的。例如，在18世纪的西方，贵族阶级由于世代过着饭来张口、衣来伸手、无所事事的生活，其腰肢纤细柔弱、脸色苍白、削瘦无色。反之如果手粗腰大、颜面黝黑，不是长得不好就是并非出自名门望族的标志，必将受到上层阶级的非议。而普通劳动人民认为，美好的生活是和劳动收获分不开的，人们要劳动，如果没有一双有力的手脚，没有精力充沛的鲜嫩红润的面色那一定是被人看不起的。鲁迅先生曾写过，在他的家乡那里，讨媳妇的时候，并不要什么杏脸柳腰的美人，要的是腰臂圆壮、脸色红润的健康妇女，并认为这就是农民和绅士审美观的不同。这也就是审美的阶级差异。

职业性　现代社会随着社会的进步。职业的分工越来越精细，不同社会阶层长期从事不同职业的人会形成独特的职业技能和对美的审美感受能力。例如，面对着不同的人而表情，画家就能捕捉到面部的形态特征和变化，而心理学家会透视到其内心的异常活动，美容学者会发现其颜面结构组成中的眦点，正畸医师会注意其牙齿排列的问题……而普通人却仅能对其形形色色的面容看似有异，欲说无词。这是社会职业分工所造成的审美差异。

年龄和性别　性别及年龄也影响着颜面的审美感受。Foster曾进行过一项实验：将一女性头侧貌轮廓的剪影，保持上部分不动，仅将上下唇部以2mm的距离分别向后、向前移动三种程度，形成包括原头像在内的7张头像，请六组不同种族、不同职业、不同年龄的人群判别其性别及年轻和苍老。结果六组人中绝大部分认为，前移明显者为女性，后移最多者为老年男性。这一研究提示，人的侧貌存在着年龄和性别差异。在现代社会中，一般而言，个体爱美高潮是青春恋爱期及社交扩展期，与年龄密切相关。不同年龄、不同社会层的审美情趣和感受也各有不同。年轻人容易接受新观念，求新求异，强调外形（包括发式、化妆）的新奇和引人注目。年龄较大层则多习惯于旧的传统，喜欢庄重和适用。不愿过分突出。这是审美的年龄差异。此外，在对外表美的追求中，由于“男才女貌”传统观点的影响，加上求职、晋级等，妇女机会比男性少，但貌美的女性机会却更多，使女性在容貌审美上承受的压力很大，因此，对美的认识和追求较男性更为细致、敏感和主动。这也是社会上化妆、美发、服饰、美容行业女性市场兴旺的重要原因。

宣传　对颜面审美的差异性认识还与社会的宣传、宗教等密切相关。例如印度人崇尚胖，电影中如“大蓬车”、“流浪者”的演员多喜欢挑一些胖人来演，有人认为这是长期受印度笈多派雕像的影响。在他们看来，一个人如果长得不丰满就谈不上美。“身体呵，你能发胖”，这在印度是一句名言。反之，电影又影响着人们对美的认识和追求。在八十年代，日本的著名电影演员山口百惠被公认为是最有影响力、最美的女性。甚至其唇侧畸形异位的“虎牙”也曾被推崇为美。以至1986年据NHK的调查，对这种尖牙唇侧错位畸形的看法，认为“可爱者”占35.5%，认为“有个性”者占37.5%，仅有13.5%的人“不喜欢”。可见舆论宣传对社会潮流的导向很大。当今社会中的电视、电影、报纸和杂志，每日都在对人们的认识进行诱导，而作为社会成员中的个体意识是不可能不受其影响和左右的。

四、审美的共同性

人类的审美观念虽然受时代、民族、社会等因素的影响，但在社会生活中，仍然存在有很多共同的东西。如道德准则、文化传统、社会心理、民族意识等均可以引起共同的美感。以与医学有关的人体美为例，不同时代、不同民族、不同阶级、不同性别和年龄的人对人面的美就存在着惊人的共识。

据载希腊名画家宙克代斯曾把希腊克罗城最美的妇女邀集到一起，把这许多美人的靓点融合在一起，而绘成了他的名画“海伦”。这幅光艳照人的美人像，无论任何人看了都会驻足，身心愉悦并赞叹其美。

1960年英国生理学家Iliffe进行了一次女性颜面美的社会调查研究，他在伦敦一家大报上发表了精心挑选的在相同条件下摄得的12位20～25岁女性照片，代表了不同的女性面型，供公众按容貌美

的顺序排列。结果，4300名不同性别、年龄和职业的人几乎给予了一致的回答。1965年美国社会学家Vdry将相同的12张照片发表在“星期日副刊”上，仅在美国参加的各阶层人士就达十万人。结果不仅对谁最漂亮有着一致的回答，而且对三个最高得分的选择，美国读者与英国读者完全一致，即存在国际性的一致。

1964年另一位社会学家Martin采用十张有不同血统的女性黑人照片，请三组男性（美国白人、美国黑人、非洲黑人，每组50人）进行评判，结果美国白人和黑人共同认为具有高加索（白人）血统的黑人照片较美。

此外，就人体的审美的阶级差异而言，车尔尼雪夫斯基在分析了贵族阶级和普通劳动人民对女性的不同趣味后，进一步指出：“健康在人的心目中永远不会失去它的价值，因为如果不健康，就是大富大贵，穷极奢侈，也生活得不好受——所以红润的脸色和饱满的精神对于上流社会的人仍旧是有力的”。这说明即使不同阶级，在对健康美的追求上也具有共同的追求。

对美感的认识的共同性，是我们在千差万别的审美评价中能够建立客观的、普遍的、共同的和科学的审美标准的基础。人类审美评价的客观标准包含了以下三个方面的要求，即对真实性的审美要求；对社会功利性的审美要求；对形象性的审美要求。而社会中，个人主观的审美评价标准只有符合社会普遍的审美标准时才能得到社会的普遍赞同，否则，就会成为偏见。

第三节 医生的审美素质和修养

人类的审美活动是人们追求美化与优化人类的客观世界和主观世界，“使人与自然、人与人和人自身臻于真、善、美，达到生态、人态、心态三大和谐的行为活动”。为了达到这一目标和追求，美育，即促进人们心灵高尚的审美教育或美感教育十分重要，美育是审美主体的提高。在医学审美中，医务工作者作为审美的主体，努力完善和提高医生自身的审美素质和审美修养，不仅关系医务人员自身素质的提高，也关系到医患关系的和谐和医疗环境的改善。是顺利完成治疗、满足病人需求、提高医疗服务质量的重要前提条件。

一、医生自身素质的美育

人的素质，是指人在社会活动中表现出的生理、心理、品德、智力、兴趣、特长等的行为特征。人的素质包括遗传所决定的先天性素质，如身体、智商、特长等。也有通过后天的教育、自身努力和实践而发挥出来的潜能，如品德、兴趣、知识等。通过后天教育充分发挥其审美的先天和后天潜能，是美育的重要目标。

1. 医生的职业形象美 口腔医师和美容医师一样，所从事的是直接改善病人外表形象的职业。这种职业的特殊性决定了必须把自身的形象—外在美：包括言谈、举止、仪表、风度美放到重要地位。创造美的人应当塑造好自己美的形象，给人以美的感觉。这样才不仅有助于提高医生自身的律己和责任感，而且通过自己的示范作用，可增强患者和社会人群对医生的信赖，对治疗过程放心，才能促进患者采取同医生的合作态度，才有利于避免医疗差错、减少事故和有助于提高医疗效果。

（1）仪表：人的仪表是心灵的镜子。口腔医生仪表的庄重、朴实、洁净、大方，不仅能直接显示出其对人生的态度，也体现出一种让病人可信服的职业责任感。在日常交往中，对一个人的认识往往从仪表开始，病人对医生的感知、联想和理解也是首先通过对其仪表的观察获得最初的第一印象。很难想象一个不修边幅，形骸邋遢的医生会让病人感到信任和放心。口腔医生的仪表美应包括以下几方面：①工作衣帽清洁整齐，服装应合体、大方、朴实，能反映出医生干练、洁净、稳重的职业特征。②面部修饰必须得体，应与年龄、性别、环境相适，化妆以淡雅为宜。发型胡须应与脸型相适并梳理整洁，工作时不戴首饰等。③体态稳健、气质优雅，给人以庄重感。④表情亲切、自然，笑容可鞠，善于化解病人就医时的戒恐和敌意。⑤精神饱满、热情、慈善、让人感到可靠、可信、可亲。⑥五官端正、口腔清洁、牙整齐、无明显畸形、缺陷。让病人能以此作范。

（2）语言：语言是人所特有的交流思想的工具，是心灵的窗口。掌握说话的艺术性、逻辑性和条理性是语言美的基本功。就医生而言，常用的医疗用语有：礼貌性语言、安慰性语言、解释性语言、医疗保护性语言、心理诱导性语言等，在与病

人的交流中应当充分利用语言的各种艺术技巧去影响和感召病人。口腔医师的语言美表现在以下几个方面：①简洁准确：医生讲话目的应明确、概念应清楚，对病人的理解应判断恰当。讲话应合乎逻辑和情理，能切中病人所希望了解的要害，不让病人产生不必要的误解。②幽默风趣：幽默可松弛病人的神经紧张，促进信任和合作，是一种语言艺术，风趣的语言常常可起到调剂精神、促进康复的作用。③婉转含蓄：特别是对一些心理高敏病人的交流问话应当婉转含蓄，让其能在平静的心理状态中接受医务人员的解释和劝告。④柔和热情：用和蔼而柔和的语言劝导病人，用热情感触人的语言鼓励病人是患者最能接受的心理环境，有助于病人主动配合治疗并对康复充满信心。

（3）行为：行为是指医务人员在接诊病人中的动作、举止、态度和表现。行为美是内在美的具体反应。中国有句古话"听其言观其行"，这是评价个人品行的重要根据。也是病人选择医生的出发点，医务工作者的行为美主要表现为：①举止有度、文明、稳重，给人以安全可靠感。②工作中乐于助人、任劳任怨、不斤斤计较个人得失，有奉献精神。③检查病人动作轻柔、手术操作细致、敏捷。④尊重、理解病人的要求，不贪便宜，能让病人放心和崇敬。

2. 医生的职业道德美　道德美又称内在美。是指人的内心世界的真和善，对医务工作者而言则表现为对病人高度的职业责任感，诊病中认真、负责的工作作风，工作中自我牺牲的献身精神和精益求精的业务进取心。从医学伦理学的角度，就是有高尚的医德和良好的医风。

救死扶伤，实行人道主义，全心全意帮助患者恢复身心健康是医务工作者的神圣社会义务和职能。现代社会随医疗改革和市场化，经济效益问题十分突出，但如果违背医德原则，片面追求经济效益，将医疗当成商业行为，损害病人的利益，是内心丑恶的表现。医务工作者决不能用虚假的宣传，夸大的治疗效果，冒技术不成熟的风险去欺骗病人，给病人带来痛苦和失望。"真"和"善"即真诚、善良是医生心灵美的基础。也是医生人道主义精神、自我牺牲精神的思想源泉。

内在美与外在美是相互依存、相互制约而统一的，一般而言，内在美是外在美的根据，外在美是内在美的外部显现。但两者并非相等，有时也会产生背离。仪表端庄、内心自私龌龊的人，现实中也存在。外在美与内在美相比，内在美起决定作用，是事物的内因和变化的基础。作为医务工作者，通过自身修养，提高自身的素质，净化心灵，在心灵美的基础上尽可能改善自己的外在形象，才能达到心灵美与外在美的统一，成为"一个高尚的人，纯粹的人"。

二、医生职业修养的美育

修养，古人指修身养性，是一种通过长期学习、教育以及自身修炼而形成并体现在个人行为中的知识、经验、品德、处世态度和能力水平。是个人世界观和人生观的外在体现。修养是后天获得的，只有通过长期锻炼和培养才能达到一定的水平和高度。医务工作者的职业修养包括：思想文化、专业技能、自身体质和审美境界等方面的修养。审美境界方面的修养主要包括审美知识的积累，以及审美感受能力和创造能力的提高。对于口腔医务工作者而言，这也是职业美育教育的重要内容。

1. 审美知识的修养　美学是一门古老而年轻的学问，在我国对美的研究尽管较古希腊、古埃及出现稍晚，但也可追溯到三千年前的易经中"贲卦"、"离卦"中对美的认识。"美学"作为独立科学的名称，是由十八世纪德国哲学家鲍姆斯嘉(Baumgarten) 命名的。在1750年出版的《关于诗歌的某些问题的哲学思考》这篇拉丁语学位论文中，鲍氏第一次使用古希腊词语 Aesthetics 来称呼一门新学问。我国译之为"美学"。按马克思的话，美学"是研究自然和艺术中的美的科学"。其中，自然，包括大自然和社会生活，即客观规定中的美，而艺术，则是现实美的集中体现。由于美学涉及了文学、艺术、哲学、社会学、心理学、教育学、语言学，甚至观相学等，范围十分广泛。这些学科里的名词概念、学科语言对我们口腔医师来说也许如堕云烟，不知所措，所以在国外口腔医学界的医生们在论及口腔及颜面美的问题时，都小心地将"Aesthetics"简写成"esthetics"并将它的范围限制在那些仅仅对于客观分析中容易处理的颜面美的形式标准上，称之为"Facial esthetics"即"颜面美学"。但作为口腔医生，我们在运用美学名词上的局限和小心，并不意味着我们仅仅掌握有关颜

面美的形式和标准，就可以满足了。随着社会的前进，科学的发展，我们更应当努力扩展我们的视野，了解、学习和掌握与颜面审美密不可分的有关美学的历史、领域和基本原理知识，以及与审美有关的医学心理学、医学社会学、语言学等知识，并以此丰富我们对美感和审美的认识，培养正确的审美观，培养审美的敏感和创造美的能力，才能适应医学和社会的发展，面对人类的今天和未来。

2. 审美感受能力的修养 审美感受（即美感）能力，是指审美主体接触审美对象后，所反映出的对美的感受体验、认识和评价能力。人的美感能力是有很大差异的，由于审美者的知觉选择性不同，可表现出千姿百态的特点。马克思说“只有音乐才能激起人的音乐感，对于没有音乐感的耳朵说来，最美的音乐也毫无意义”。美感既取决于客观对象审美属性的多少，也取决于主体与之相应的本质力量（脑力、体力、思维、情感、意志、人格以及个性心理特征）的多少，取决于主体原有的知识和经验，而社会实践是人的本质力量获得提高的最终根源。

西方美学家曾将美感比为顺水行舟，人们随波逐流，尽情享受。这个比喻很美，但审美享受并非目的。马克思曾用人的本质力量对象化来解释美感，说一个人欣赏什么美，就表现出他作为人的本质，作为一个特殊人区别其他人的精神境界。作为口腔医生，影响其个人本质力量的不仅是职业，同时也受阶级、民族、时代和环境、职业、经验、教养、生活方式以及兴趣爱好等的影响。人的本质是否高尚，审美能力是否敏锐，主要靠后天的实践和培养，要提高自身的审美感受能力，应该从以下三方面着手：

（1）审美感官的训练：人类生活在五光十色的感觉世界中，五官感觉构成了人类一切活动的基础。但作为审美对象“形象美”的感受主要是通过视觉获得，眼睛和耳朵是人的最重要的审美感受器官。没有健全的视觉和听觉，耳不“聪”眼不“明”的人，是不能进行完整正常的审美活动的，因此，保护五官，特别是眼和耳的健康和正常功能是正常完成审美活动的基础和条件。

但是，仅仅有健全的感官还不够，对美的感受尽管是一种直觉，但不是简单被动的“刺激-反应”。美感活动还具有主动性和选择性，表现为对所需信息的感知特别鲜明、清晰、生动，而对不需要的信息麻木，视而不见。这就是我们常“身在美中不知美”，“同处一境，感觉各异”的原因。这种差异的形成是由于人的感知活动总带有一定的目的和情感，并受审美者文化修养、审美修养和生活阅历的诸多因素影响，是在长期审美实践中发展形成的，是一种自觉及不自觉训练的结果。为了获得敏锐的审美感受能力，根据口腔医生职业的特性，在临床及社会实践中有意识地去注意训练自己的眼力和听力，去体验、感受和领悟自然美、社会美、艺术美，是提高自身专业审美能力的重要途径。

口腔医疗工作是技术性、技巧性很强的工作，同时又是专业范围比较局限的工作，中国民间过去把口腔医生称为“匠人”也是不无道理的。口腔中的很多治疗，如义齿、唇腭裂的修复，矫治后整齐的牙列都可以看成是医生的“艺术作品”。作品的好坏取决于医生的审美境界和鉴赏力，以此出发，口腔医生不仅应当是医生也应当是艺术家和鉴赏家。应当具备一定的艺术修养和素质。因此，在审美感受的培养上，除训练自己对本专业中有关人体及颜面的形式美和美的形式的感知外，还应当训练自己对大自然、对人类社会、对艺术创作的视觉感知能力、色彩感觉能力、乐感能力以及绘画、书法鉴赏能力等。南朝刘勰在“文心雕龙”中说“凡操千曲而后晓声，观千剑而后识器，故园照之像，务先博观”，“博观”即广博的观察，是全面正确美感的基础，也正是在美的观察欣赏和实践活动中，才培养了人的感官审美能力。才能练就审美的“慧眼”。

（2）审美心境的培养：心境是一种相对稳定，较为持久的情绪状态，心境的不同，给人的美感活动蒙上不同的情绪色彩，直接影响着审美的体验和感受。人的生活处境、人生阅历与审美心境密切相连。当处境顺利、优越、心情愉快时，人会以肯定的目光看待周围的一切事物，对发生的一切都会感到满意、亲切和动人。而生活艰辛、失意、心绪不好时，常常会以否定的目光看待周围一切，即使是平时最喜欢的东西，也不顺眼，感到烦恼、苦闷。例如同样面对一轮圆月，有的人“起舞弄清影，何似在人间”，飘然欲仙，而有的人则“空山无人孤月寒”感到怆然悲切。同样是雨，有“小楼一夜听春雨，深巷明朝卖杏花”的清新感和“梧桐更兼细

雨，到黄昏，点点滴滴”的凄凉感。这就是不同心境中的情绪色彩所造成的审美选择和审美注意的差异。但审美心境作为进入审美心理活动前的一种特殊心意状态，与日常生活心境是不同的，它可以摆脱各种实用功利考虑，脱离现实时空进入心理时空，自由地对外界形象进行直接观照，并可将全部身心都集中于特定的审美对象上，而对无关的东西视而不见，听而不闻，从而排除各种非审美因素的干扰，达到“物我两忘”的境界，得到精神的极大解脱。在“顿悟”中净化人的灵魂，陶冶人的情操，启迪人的心智，在赏心悦目的心境中向高尚的境界潜移默化。因此，培养自己健康的审美心境，不仅能提高自己的审美感受能力，而且能使审美者直面人生，去除烦恼、热爱自然和生活，使审美者的审美能力、观念和理想有所飞跃和发展。

（3）审美经验的积累：审美经验是进行美感活动的心理基础和必要条件，也是审美能力的重要指标之一。人的审美经验有先天遗传的，如无意识的原始文化心理、民族审美心态等，但起决定性因素的是通过后天学习和实践而获得的经验，包括在美感活动中获得和积累的直接经验，及通过学习和教育所获得的间接经验两种。为此，口腔医生有意识地参加一些视觉和听觉审美活动，如看电影、观画展、听音乐会、欣赏建筑园林。并且进一步直接动手参加一些美育技能训练，如书法、绘画、摄影、写作、文艺演出等。通过实践扩大自己的审美范围，通过对审美形象的感知、联想和想象积累自己的审美经验，才能达到自身审美情感的陶冶、审美认识的升华、审美观念的形成和审美情趣的提高。

审美经验在审美心理过程中具有“同化”和“顺应”两种特点。所谓“同化”是指审美对象与自己的审美经验相适时，美感经验能积极融入美感活动中并得到丰富和加强。所谓“顺应”是指审美对象与自身的审美经验不相适时，能积极调整自己的原来审美经验以适应新的对象，并形成新的经验模式。“同化”和“顺应”在美感活动中互相作用、互相补充，使审美主体的审美经验不断丰富和发展。审美能力不断提高。

人们诊病时都希望选择老医生，这是信赖老医生有丰富的治疗经验。口腔医生对牙、颌、颜面治疗的经验，包括正颌手术、唇腭裂修复、错𬌗畸形矫治、义齿修复治疗后的审美经验都直接关系到治疗的效果。年轻医生通过学习书本及向老医师请教是积累审美间接经验的重要来源，但最终要成为一个成功的医师必须直接进行亲自操作实践，从自身实践体验中发现审美的差异，在审美经验“同化”和“顺应”中总结教训，让每一次施治过程为新的审美过程作积极准备，以孕育新的更高层次的治疗审美需要。这是提高专业审美能力的必经途径。

3. 审美创造能力的修养　口腔医生学习美学的目的，不仅仅是为了认识美的形式和规律，也不仅是为了提高欣赏美的能力，更重要的是为了创造美，是为了推动口腔医学迈向更高、更完善、更美的景界，为牙颌面功能和形态的美提供更新颖、更具独创意义、更理想的审美形象，即“创新”。这是我们进行审美素质修养的最终落脚点。

审美创造，是指以实践为基础，在积累了丰富审美经验的基础上形成审美理想，然后以审美理想为指导，运用美的规律进行的创造活动。美的创造和一般实践创造活动既有联系又有区别。其联系为，两者都是人的一种自由自觉活动，体现了人的本质力量。两者的区别是美的创造是在一般实践创造的基础上形成，在更高的审美理想指导下的创新。当人类创造出第一批石器，完全是为了实用需要，还不能说是美的创造；经过漫长的实践，当人类从所创造的对象世界中直观自身而感到喜悦的时候，特别是形式美获得相对独立的意义时，人们便开始自觉创造美，并根据人们的审美理想去创造美的事物。

美的创造具有时代性和民族性。这是由于人们所创造出的美的形象都是在一定社会关系中进行、受社会历史条件、民族文化传统的制约。随时代向前发展，美也在向前发展。例如，前已述及，表现在口腔医学的历史发展中，随技术的更新、设备的先进、材料的革命，对口腔治牙、排牙、颜面手术等的诊治标准、方法、术式、审美要求都在一代一代更新。观念也一代代地进步。车尔尼雪夫斯基曾说:“每一代的美都是而且也应该是为那一代而存在，它毫不破坏和谐，毫不违反那一代的美的要求；当美与那一代一同消逝的时候，再下一代就会有它自己的美、新的美……”。新陈代谢是自然的规律，正是美的创造推动了社会的进步和美的发展。

在美的创造中，人的想象是创造新形象的源

泉，想象力是一种对形象的思维能力，审美创造离不开想象，但这种想象不同于一般实践创造想象，它是审美理解与审美情感的统一，是情感和理性的一种沟通。在美的创造中主体是根据一定的目的和任务，在原有经验的基础上，通过创造性的想象构思出新颖、独创的新形象而完成美的创造。因此，培养和提高审美想象力是审美创造的根本。

培养和提高审美想象力应作到：

（1）博学：学习和掌握较广博的美学知识和积累丰富的自身审美经验，是孕育审美想象力的土壤和基础。一个毫无审美知识和审美经验的人是根本无法进行美的创造的。

（2）善思：不迷信已有经验和结论，勤于独立思考，善于捕捉在头脑中一闪而过的新灵感，并能抓住这些突然闪过的新形象、新观点、新思想，通过思考去粗取精、加工引伸，以探讨解决办法。这对美的创造十分重要。

（3）多交：谦虚好学、乐于交友、互相切磋、集思广益、有意识地通过与外界的交流问答中，发现问题、提出问题、探索新异的见解和问题。从交流问答中发现和探讨人们尚无涉足的领域，是培养丰富想象力的重要途径。

（4）勤问：能保持儿童般的好奇心和对事物的新鲜感。不怕耻笑和讥讽，敢于提问，勤于提问。人的好奇心是想象力的起点，通过对问题的不断思考和提问，可提高我们敏锐的观察力。保持和发扬我们的好奇"童心"，可摆脱旧传统的束缚去发现新天地。

（5）健行：培养正确乐观的人生观和生活观，善于改变自己的内外环境，不要让自己在同一环境中禁锢太久，从而麻木不仁。要克服惰性、多爱好、多旅行。丰富的社会和大自然是生命之美的根本，是审美想象力取之不尽的源泉。

（陈扬熙）

第五章　口腔医学中的审美

第一节　口腔修复学中的审美

口腔修复学是以医学为基础，运用工艺方法制作修复体以修复口腔颌面部各类缺损的一门科学。由于口腔颌面部在人体中所处的部位与容貌美有密切关系，因此制作的修复体不仅要达到功能要求，还要符合人的审美要求。现代口腔修复学对修复体如何达到功能和美观的要求都有深入的研究，但随着社会的发展和进步，人们的审美意识也在日益增强，对修复体的美学效果提出了更高的要求。因此口腔修复的审美已成为口腔科医师、技师的一个重要研究课题。本节讨论各类修复设计、制作和临床工作中的审美问题。

一、从美学角度看义齿的演变

牙齿缺失以后不仅影响人的咀嚼功能，有碍身体健康，而且影响面容，以致影响全身的美容。人类修复缺牙的技术可以追溯到古代。从几千年前的古墓中挖掘出来的颌骨上发现有用竹、木或象牙雕刻成的假牙，靠金属丝固定在相邻的自然牙上。如埃及一古墓中发现的约5000年前的下颌骨上，第二磨牙缺失，第一磨牙和第三磨牙被金属丝结扎着。巴黎罗浮宫博物馆还存放着一个公元前400—300年腓尼基人（Phoenician）的下颌骨，在这块下颌骨上缺失两个下前牙，用金丝把一颗人牙固定在相邻的4个下前牙上。这些可以说是最早的牙科美容术。

日本德川时代（1628—1700年）出现了木制的全口义齿，人工牙和基托由一块整木块雕刻而成，人工牙仅仅是轮廓式地模拟了自然牙的形态。以后又有了石头雕刻成的人工牙镶嵌在木基托上的全口义齿，人工牙的形态大为改善。也有用丝线把木制的或石雕的人工牙扎在相邻牙上的部分义齿。

1774—1778年法国的Duchateau等人创造了最早的瓷牙，其形态、色泽、质地更加接近自然牙。1799年John Greenwood为美国华盛顿将军制作了一副用河马牙雕成的人工牙镶在桦木基托上的全口义齿。

我国的文献中，也有用竹牙修复缺齿的记载。宋代诗人陆游的岁晚幽兴诗中有“染发种齿笑人痴”的诗句。1259年Macopalo游记中也曾报道：中国东南部的居民，有用金箔包裹牙齿者。这种美化牙齿的风俗虽然逐渐被现代审美观念所代替，但仍有少数老年人不愿改变，在上颌侧切牙上镶嵌着金冠套或铜冠套。

随着科学技术的发展，1843年出现了硫化橡胶基托，1938年发明了塑料，人们戴上了塑料制的义齿，义齿的质量和美学效果不断提高。

（一）可摘局部义齿

1746年Glaud Mouton开始用卡环解决义齿的固位，先后出现了钢丝卡环、铸造不锈钢卡环和金合金卡环。从颜色上看，前二者为银白色，后者为金黄色，对美观都有明显的影响。为此，日本医师在卡环表面增加一层白色树脂遮盖金属颜色，但树脂的颜色仍与天然牙色不一致，且增加了卡环的厚度。为了减少卡环对美观的影响，只能把卡环设计在不易显露的后牙上，并制作得尽量小巧。近年来出现了用精密附着体和磁性固位体固位的可摘局部义齿和靠种植体固位的种植义齿，不必再使用卡环。不过附着体和种植义齿的使用，还有不少具体问题，而且费用昂贵，推广应用还有一定的困难，但避免卡环对美观的影响的确是可摘局部义齿的一个研究方向。

（二）固定义齿

十八世纪固定义齿是靠桩冠作为固位体的，即将缺隙两侧邻牙去髓、去除牙冠保留牙根，在牙根上作桩冠固定缺隙中的人工牙。但两侧邻牙损失太大。1868年，Harris提出了双端固定桥修复缺牙的办法，即在缺牙两侧相邻的健康牙齿上套上二个人造全冠来固定缺隙部分的人工牙。人造全冠是用镍铬合金或不锈钢制作，覆盖了整个牙冠，虽然固位效果好，但的确影响美观，尤其是前牙。为了美

观，在人造全冠的唇颊面磨开一个较大的帘口，显露出自然牙唇颊面来。这种冠叫开面冠。以后又发明了金合金或不锈钢制作的3/4冠，覆盖了自然牙的𬌗（切）面、舌面和邻面，暴露自然牙的唇颊面，较开面冠更为美观。但是由于自然牙的牙冠呈半透明性，故𬌗（切）、舌、邻面的金属颜色对唇颊面的颜色仍稍有影响。十九世纪末，Brown用烤瓷制作固定桥，即在全冠的表面熔附一层与自然牙颜色一致的瓷，才解决了固定义齿修复的美观问题。瓷粉有几十种不同的颜色，可根据患者邻牙的颜色选择、调配。烤瓷冠颜色虽好，但需先作金属全冠，再在其表面烤瓷，工序多，而且内层金属冠的颜色对瓷的颜色也有影响。本世纪八十年代美国推出铸造玻璃陶瓷冠，比普通瓷的强度高，不必再作内层的金属冠，简化了工序。这种瓷的半透明性很好，因此成为当前美学效果很好的人造冠。

（三）全口义齿

全口义齿没有卡环、人造冠等特殊的固位装置，与美观有关的部分只有人工牙和基托。全口义齿美观方面的改进大体上是从三个方面发展的。

1. 人工牙的改进　人工牙的发展经历了木、竹、石、象牙、河马牙雕刻成人工牙的过程，1774年出现了瓷牙，1938年发明了塑料牙。塑料牙由于工艺不断革新，现在使用的是硬质塑料，且由单一的颜色变成多层色的，即颈部略黄、切端略白而透明，体部颜色居中。厂家生产的人工牙有72种颜色，3种类型（瘦长型、健壮型、矮胖型）供临床医师根据患者的具体条件选择使用，使人工牙的逼真性达到了前所未有的阶段。目前多数患者配戴义齿用的都是硬质塑料牙，品牌不同，其质量和牙的形态相差很大。但少数患者还愿意使用瓷牙。

2. 排牙方法的改变　过去都严格遵守传统的典型排牙法，使排列完成的人工牙列都接近理想𬌗的形态。不管患者的具体条件，配戴的全口义齿都是整整齐齐，千篇一律，一看就知是假牙。于是一些牙科医师逐步创造了个性排牙法（S. P. A排牙法），即在典型排牙法的基础上，根据患者的性别（Sex）、个性（Personality）和年龄（Age），在排前牙时有意模拟自然牙列中的一些不正常的状态，如重叠、扭转、舌移位、唇向位、过高位等。戴上这种排牙方法制成的义齿，就不易被别人看出是假牙来了。

3. 基托形态的变化　全口义齿基托的形态很不规则，原则上要求与唇颊舌粘膜接触的一面制成有利于义齿固位的凹形。为了仿真，从人工牙颈部起向基托边缘的方向形成由高而宽逐渐变得低而窄的突起，近远中方向看有一定的起伏，其目的是能隐约显现出牙根的形态。基托粉中掺进一些深红色的纤维，使义齿基托看起来似有细小血管而更象牙龈。基托的改进使义齿的美学效果更加完善。

回顾义齿的演变，经历了漫长的不断改进、提高的过程。随着科学技术的发展，义齿的美学效果还会不断改善。新材料、新技术的出现可使义齿美学效果达到更新的阶段。

二、全口义齿修复美学

（一）全牙列缺失后对人体的影响

人既是审美主体，能辨别美丑，同时也是审美客体，人自身就是一个和谐统一的整体。人体结构的各个部分都有一定的形态和生理功能，其中任何一部分缺损都会影响人体的完美和相应的功能。人的牙齿亦是如此，全口牙齿缺失后明显地破坏了人体的完整性，而且又处于最引人注目的头面部。全牙列缺失后，面部下1/3距离变短，唇颊因失去了牙的支撑而内陷，口周皱纹增多，面相苍老。全口失牙还明显地影响到说话的声音，发音漏气，咬字不清，尤其是对一些职业与发音有关的患者来说，影响更为明显。牙齿在咀嚼运动中起着切割、研磨食物的作用，有利于食物的消化。全口失牙后，食物不能嚼碎，增加了胃肠道的消化负担，进而影响到全身的健康和胃肠疾病的发生。不仅如此，由于缺乏咀嚼运动，面部肌肉出现废用性萎缩，颅骨骨缝变浅，变得模糊，骨密度减小，骨重量减轻。全口缺牙常常是牙齿陆续缺失的，患者在较长的时期里多为单侧咀嚼，会引起骨骼的偏斜，脊柱侧弯，二侧乳房不对称，肢体运动不协调等，明显地影响了人体美。由于缺牙给患者带来了极大的心理压力，进而会影响到人的精神状态，影响到人体美。

（二）全口义齿对人体美的作用

全口义齿的作用是恢复咀嚼功能、改善面容、有利于发音。从美观角度来看，可有几个方面的作用。

1. 全口义齿恢复了患者的咀嚼运动，促进了

消化功能，增进了全身的健康美。

2. 人工牙代替了自然牙列，恢复了人体的完整性。

3. 镶配全口义齿，解除了患者的精神压力，调整了人的心理健康，促进了人体美。

（三）全口义齿的观赏价值

全口义齿不仅具有实用价值，一副制作精美的全口义齿还具有很高的观赏价值，给人以美的享受。全口义齿溶进了雕塑的立体艺术、绘画的色彩艺术和书法的线条艺术。它具有对称均衡的形式美，比例和谐的整体美，三维空间的立体美，尖凹交错的结构美，红白相间的色彩美，跳跃流动的曲线美，可以说全口义齿充分体现了美学的基本原理和法则。

（四）全口义齿修复的要求

1. 良好的固位　牙列缺损后制作可摘局部义齿或固定义齿，可依靠余留牙得以固位。牙列缺失后，失去了义齿赖以固位的余留牙，给全口义齿的固位带来了困难。全口义齿如果没有良好的固位，就谈不到发挥功能、改善面容和发音。应用现在口腔修复理论和技术，全口义齿已可获得良好的固位，其固位力来自下述几个方面。

（1）大气压力、吸附力：人类生活在大气之中，人体的各部分都受到约 0.1MPa 的大气压力，由于已经适应，故无任何不适感。全口义齿戴在口中，义齿的磨光面同样受到大气压力的作用。基托与其覆盖的粘膜紧密贴合，基托边缘又有良好的封闭，在大气的作用下，二者之间形成了负压，这就是全口义齿能获得固位的基本原理。

全口义齿的基托、粘膜和其间的唾液，三者间存在着分子吸引力，称为吸附力，也是全口义齿得以固位的重要因素。

基托面积愈大，获得的大气压力、吸附力也愈大，因此全口义齿的基托面积应尽量扩展。但基托扩展有一定的限度，超过限度的扩展，唇颊舌肌的运动反而会影响义齿的固位。

（2）唇颊舌的挟持力：戴在口中的全口义齿，外侧受唇颊肌运动向内的力，内侧受舌体运动向外的力，如果人工牙的排列位置、基托的外形都合理，则唇颊舌肌的运动对全口义齿产生有利于固位的挟持力；如果人工牙的排列和基托外形不合理，唇颊舌肌运动也可产生破坏义齿固位的力。当然对初戴全口义齿的患者来说也有一个唇颊舌肌适应和训练的过程，如果义齿制作良好，通过一段时间的使用练习，固位效果会越来越好。

（3）咬合力：全口义齿戴在口内作正中咬合时，上下牙列的咬合面能达到最广泛密切的接触关系，前伸或侧向咬合时上下牙列相关的牙尖能达到多点接触，可使义齿基托与粘膜接触的更加紧密，从而获得应有的大气压力和吸附力。如果上下牙列咬合时不平衡，义齿基托出现翘动，破坏基托与粘膜间的负压，固位就会受到影响。因此颌位关系正确、人工牙排列达到平衡咬合才能获得良好的固位。

2. 谐调的颜色　一般来说年纪轻、皮肤白的患者应配白色的人工牙，年纪大、肤色黄的应配较黄的人工牙，看起来才协调、自然。如果给一位上了年纪的、皮肤颜色较黄的无牙颌患者配了一副洁白的义齿，别人一看就知道是戴着假牙，这就不能算是一副成功的全口义齿。

3. 人工牙的大小和形态　人的自然牙的大小与头面部的大小都有一定的比例关系：如，上中切牙的宽度与人中宽度接近，瞳孔间距离约等于 6.5 个上中切牙的宽度，颧间距离约等于 16 个上中切牙的宽度，上中切牙宽度约等于 2 个下中切牙的宽度。按这些比例关系选择人工牙制作的义齿，在口内就看着自然、和谐。

人工牙的形态也应与人的性别、体型、面型相协调。根据长宽比例不同，人工牙大致可分为方圆形、椭圆形和尖圆形三种供临床选用。此外，男性的上前牙切角应较接近直角，体现男性的阳刚之美，女性的上前牙切角则应较圆润，体现女性的温柔之美。

4. 上前牙的位置与唇的关系　自然状态时，上前牙切缘应在上唇下显露 2～3mm 为宜。露的太多，看起来不文雅，太少则好像没有牙一样。还要注意上中切牙在上唇下两侧显露的多少要一致。

六个上前牙切缘的大致连线应呈一凸向下的弧线，与微笑时的下唇曲线一致。

5. 人工牙排列的对称性　两个上中切牙的交界线要与面部中线一致，A 区的三个上前牙要与 B 区的三个上前牙对称排列。从咬合面方向看，上前牙的弧形应与前牙区颌弓一致，左右对称。6 个上前牙的近远中倾斜度是不一样的，但左右对应的牙

应保持一致，如两个中切牙颈部应微向远中，两个侧切牙的颈部则明显的倾向远中，两个尖牙的颈部向远中倾斜的程度则介于中切牙与侧切牙之间。

6. 衬托唇面部的丰满 戴义齿后唇面部的丰满度与人的面下1/3高度、上前牙排列位置、唇基托厚度和面肌的锻炼都有关系。

(1) 人的面部长度大致可分为上、中、下三等份，即鼻底至颏底的距离应等于发际至眉间的距离，也等于眉间至鼻底的距离。鼻底至颏底的距离也叫面下1/3高度或垂直距离。戴全口义齿后面下1/3高度符合要求是义齿衬托唇面部丰满最重要的条件。

(2) 上前牙排列的唇舌向位置合适，唇基托有相应的厚度便可衬托上唇的丰满，否则上唇就会塌陷或过突。

(3) 牙列缺失后面颊不仅失去牙列的支撑，而且出现唇颊肌的废用性萎缩。一副良好的全口义齿，通过咀嚼运动的锻炼，面肌自身增强，可使面部出现充满活力的丰满。

(五) 全口义齿制作不当对面容的影响

1. 人工牙选择不当的影响 前已述及，前牙的大小、颜色、形态与面部乃至全身之间都有一定的关系，这些关系处理得好，看起来和谐、自然，反之则有失美观。

前牙的大小与面部的某些标志有关，微笑或讲话时应只显露6个上前牙，且尖牙与口角之间应有适当的黑暗间隙。如果选牙偏大，尖牙与口角间的间隙变小或消失，看起来牙齿在面部所占的比例过大，好像口内全被牙齿塞满了一样。如果选牙偏小，第一、第二前磨牙都能显露出来，尖牙与口角间的间隙变大，前牙看起来像乳牙。人工牙偏大、偏小都给人以不协调感。

人工牙的颜色要与患者的年龄、肤色协调。年龄大、肤色黄、黑的患者，如果人工牙偏白，十分显眼，很容易看出来是假牙。如果年纪轻，肤色白，而人工牙偏黑，则很像是“四环素牙”，给人以不清洁的感觉。人工牙的形态多与患者的体型、面型、性别有密切关系。前牙形态一般分为细长型、健壮型和矮胖型3种。分型的指标，一是牙宽与牙长之比，介于0.7～0.75之间的常是健壮型，小于0.7的为细长型，大于0.75者为矮胖型。二是牙颈宽与牙面切1/5宽度之比，即颈部收缩明显者为细长型，收缩不明显者为矮胖型，二者之间的为健壮型。有的人工牙则分为尖圆形、椭圆形、方圆形3种。主要表现在牙面颈部宽度的变化、线条的曲直以及切角的锐或钝。一般来说，体型矮胖、面宽的男性患者宜选矮胖型或方圆形人工牙；体型瘦长、面型尖圆以及女性患者，多选用细长型或尖圆型人工牙；而多数患者均可选用健壮型或椭圆形人工牙。如果没有合适形态的人工牙，医生可以将人工牙加工修改，使与患者的体型、面型、性别相适应。临床上常见到人工牙选择不当的病例，特别是宽面胖人口内有细长型的牙，或很窈窕的女性配了矮胖型的牙，很不协调。前者看起来牙太小，像“糯米牙”；后者牙又太大，像“大板牙”，不会让人产生美感。更有甚者，有些个体牙医用雕牙法制作成整齐排列的长方形人工牙，前牙很像钢琴中的白色琴键，这些均属于不良修复体之列。

2. 人工牙位置排列不当的影响

(1) 中线偏斜：中切牙的交界线应与面部中线一致，但有的全口义齿戴在患者口中后，中切牙交界线却偏移一侧，或中切牙交界线斜向一侧。对称是人体美的重要特征，中线偏斜破坏了上前牙的对称性，自然就影响容貌美。产生这种误差的原因有二：①有的医生确定中切牙交界线的位置不是依据整个面部的中线，而是参照鼻尖、唇珠等面部解剖标志确定的。但是鼻尖、唇珠等标志并不都是与面部中线完全一致；而且观察一个人的对称性时是以整个面形为基础的，即中线应位于整个面宽的中间即可，谁也不会仔细寻找牙中线与面部某一标志的精确关系。②在上殆托上用雕刻刀刻中线标志时，或排好上前牙在口内试戴检查时，医生没有站在患者的正前方观察，而是站在患者的右前方，位置不同观察的结果必然会出现误差。比如，人的视线前方沿长的直线上埋着前后2根垂直的电线杆，由于远端的一根被近端的一根遮挡，所以人们只能看见一根。如果观察者向左或向右跨出一步，就会看到另外一根；而且跨离基准线愈远，所看到的两根电线杆间的距离愈大。因此站在患者右前方确定的前牙中线，往往是向患者的右方偏斜。

(2) 上前牙切缘连线倾斜：上前牙切缘连线是人体结构的横线条，与人体中轴线应是垂直关系。如果上前牙切缘连线倾斜，同样会影响人体的对称性。产生倾斜的原因有以下两个：①教科书中都认

为上前牙切缘连线应与瞳孔连线平行，然而笔者经过调查发现，上述二线平行者只是极少数。如果严格按照瞳孔连线的标准排列上前牙，必然出现上前牙切缘连线的倾斜。②医生没有站在患者的正前方观察殆平面或上前牙切缘连线，而是站在患者的右前方观察，因而产生了误差。上前牙切缘连线从理论上说应与人体中轴线垂直，但观察一个人上前牙切缘连线时往往离不开与上下唇的关系。笔者认为，上前牙切缘连线的参照线应是口角连线，这样排好的人工牙在上唇下显露的部分左右大体相等。又由于殆平面在人体上是前低后高的，从正面看时，上尖牙的牙尖高于上中切牙切缘，因此上前牙连线实际上是一条与下唇线一致的曲线，因而给人以和谐感。有的患者由于发育、咀嚼习惯和表情肌活动习惯等原因，上唇左、右两侧的长度不完全相等，也就是说上唇本身是倾斜的。遇到这样的患者，医生应有意识地将上唇较短的一侧上前牙向龈方适当移动，以保证上唇下显露的人工牙左、右两侧大体相当。

（3）上前牙切缘连线过高、过低：上前牙切缘连线过低时，唇下显露的牙冠部分过多、笑时容易显露牙龈，不美观。如果上前牙切缘连线过高，平时看不到上前牙，犹如未镶牙一样。上前牙切缘连线应保持在上唇下2mm左右。观察时，患者的头位应垂直，医生的视线高度应与患者上前牙的高度一致。

（4）上前牙过突：戴全口义齿后，上唇应有适当的丰满度，与口内有天然牙列时的状态一样。如果上前牙排列太靠唇侧，上唇被不适当地衬起，好似上颌前突，不仅看起来不自然，影响美观，而且上唇的运动易导致上颌总义齿的脱位。这种现象多见于上颌前部牙槽骨较丰满的患者。遇到这种情况排牙时应将上前牙舌面颈1/2处尽量磨薄，使其紧贴牙槽嵴的唇面。有时需将上前牙颈部磨短，使其排在上前牙区牙槽嵴顶，牙冠竖直，甚至切端要适当舌向位。有时还需将上前牙区唇基托做成翼式，即将上前牙区牙槽嵴唇侧最突处的基托去掉，尽量保持上唇粘膜与牙槽嵴粘膜的接触，上唇就不会翘起。

（5）上前牙对上唇的衬托不足：上前牙区牙槽嵴吸收较多或发育不良的患者，看上去嘴瘪，都希望通过全口义齿改善面形，使上唇部丰满一些。但医生知道，排牙应排在牙槽嵴顶才有利于固位，排牙太靠唇侧将影响义齿的固位。所以有时戴义齿后仍然是个"瘪嘴"。固然人工牙愈远离上牙槽嵴愈不利于义齿的固位，但是对于牙槽嵴吸收较多的患者来说，原来上颌前面6个天然牙的位置比吸收后的牙槽嵴更靠唇侧，这个位置是处于上唇向内与舌肌向外这两个力相互平衡的位置，对义齿的固位不会产生不良影响。而且对牙槽嵴吸收较多以及上颌发育不足的患者来说，他们想改变"瘪嘴"的愿望十分强烈，只要恢复使他满意的外形，他是会发挥主观能动作用去克服固位较差的困难，努力适应义齿固位的需要的。

（6）下前牙舌向位：上颌前牙区牙槽嵴吸收过多、下颌前牙区牙槽嵴过突，不仅上颌全口义齿衬托上唇不足，影响上唇的丰满，而且前牙为了排成正常覆盖关系，常会使下前牙切缘向舌侧倾斜，结果上、下前牙都会影响美观。纠正的方法，重点还是在上颌前牙的排列适当向唇侧移动，下前牙自然不会向舌倾斜。当上、下颌前牙区牙槽嵴前后方向相差过多时，不应勉强排成正常殆或对刃殆，而应排成反殆关系。关于是否排成反殆的问题，除了依据牙槽嵴的具体条件外，还要考虑患者的人际和谐问题。曾有一位60多岁的反殆患者，上前牙全部缺失，找过两三位医生，都给他做了前牙反殆的上颌全口义齿，他都不满意。最后找到一位医生，经再三要求，为他做了一副正常排牙的上颌全口义齿。他当时十分高兴，但是过了几天就不戴了，原因是邻里、朋友都不认他了，连家人都难以接受。因为面下1/3的变化对人的面型影响最大，他在家人、朋友的印象中，几十年来都是反殆，一旦变成了正常殆，就好似换了一个人一样，当然无法接受。他是社会人群中的一员，他的生活离不开他周围的亲友和家人，因此最终他宁愿不戴这种义齿了。

3. 垂直距离过高过低对面容的影响　正确确定无牙殆患者的垂直距离是维持患者面下1/3的重要一环。垂直距离过高，不仅引起义齿固位不良、颞颌关节症状、咀嚼疼痛等，而且面型变长，表情紧张，口内好像含有东西，有的患者家中的小孩看了甚至产生恐惧感。垂直距离过小使面下1/3变短，嘴瘪，显得苍老，有的也会引起关节症状。

确定垂直距离的理论基础是戴义齿后应留有𬌗间空隙。具体做法是将休息位的垂直距离减去2mm，便是戴义齿后咬合位的垂直距离，这是确定垂直距离的最基本的方法。使用这种方法的要点是：①患者头位垂直，下颌自然放松；②测量尺的方向应与头位一致，不应在前后、左右方向上倾斜；③每次测量时，测量尺与鼻底、颏底皮肤接触的松紧程度要一致。另外一个行之有效的方法是：靠观察面型来确定，即只要看到面下1/3的长度与整个面型的长度相谐调就是合适的垂直距离。其参考标准是：①咬合位时上、下唇应刚刚接触，无内卷或外翻；②休息位时上下唇轻微分开；③鼻唇沟、颏唇沟深浅适度。此法如能掌握得当，既准确又简便。

三、可摘局部义齿的修复美学

牙列缺损可用可摘局部义齿修复，因有余留牙可设计卡环而解决了固位问题，但卡环的显露影响了美观。余留的部分前牙因其大小、形态、颜色的限定，给修复前牙的缺隙增加了难度。这些问题在设计时都应认真考虑，才能取得较好的美学效果。

（一）前牙排列的美学

1. 前牙全部缺失　可参照全口义齿的有关内容排牙。

2. 部分前牙缺失　选牙和排牙时都要尽量与对侧同名天然牙一致。要点是颜色、宽窄、长短、颈部收缩程度、颈缘最高点的位置、唇面的凹凸、切缘和切角的形态等。由于成品牙的局限性和天然牙的多样性，所选的人工牙不可能与对侧同名牙完全一致，常常需要经过磨改使之达到要求。要注意的是，与邻近的天然牙相比，人工牙宁短勿长，宁平勿凸，宁暗勿亮，即不要让人工牙比邻近的天然牙更突出，更显眼。

3. 部分前牙缺失伴有不规则的间隙

（1）1缺失，2向近中移位使1间隙变小，2、3间出现小间隙。最好先用正畸方法关闭2、3间隙，恢复1缺隙的正常宽度。若2、3间隙较小也可以不处理，先磨改2的近中邻面，然后修复1。1间隙仍较小时，可将所选1的牙面磨平一些，或排牙时远中稍稍外翻，与2的近中略有重叠。

（2）1缺失，间隙过宽。可用光固化复合树脂加宽2的近中部分，或用烤瓷冠加宽2的近中，然后再恢复1。1间隙仍略宽时，可将所选牙的唇面磨改的稍稍凸起，增加纵向发育沟，可在视觉上减少与1的差别。

（3）1、1间隙过小，可先磨改2、2的近中部分以加大1、1的间隙。也可将1、1排成外翻或与2、2的近中稍有重叠，或将1、1整体唇移位，这将要视具体情况而定。

（4）腭裂患者虽已作过修补术，但仍有部分前牙缺失，余留的前牙常为腭侧移位，有的伴有形态不规则或牙位扭转。对这类患者可采用双牙列的修复方法，即人工前牙排在余留前牙之唇侧，取得与下前牙的咬合关系，并与唇基托一起衬托上唇部的丰满度。卡环臂则设计在后牙的舌面。

（二）支架设计的美学

1. 卡环的设计

（1）前牙尽可能不设计卡环这是修复医师都已知道的。在第一前磨牙上设计卡环则是很常见的，从美观角度考虑应注意以下几点：

1）卡环尖端在第一前磨牙颊侧近中，越𬌗部放在二个前磨牙之间，比尖端在远中，越𬌗部在尖牙与第一前磨牙之间卡环暴露的较少。

2）用弯制卡环比铸造间隙卡环暴露的少。

3）设计Ⅰ形杆式卡比间隙卡暴露的少。

（2）有些义齿可不设计卡环，如①个别上前牙缺失，可利用基托边缘与余留牙舌面、缺隙二侧邻牙邻面间的摩擦力固位。②上颌或下颌大部分牙齿缺失，只留下个别前牙，如果该牙上设计了卡环，不仅影响美观，而且由于该牙受力过大，常会逐渐松动最后不得不拔除。可设计无卡环义齿，即义齿不设计卡环，但基牙的唇侧要设计唇基托。即如同一个单颌总义齿，只是缺牙区有一个孔洞一般，如此设计不仅不会暴露卡环，而且由于减轻了余留牙的受力，有利于该牙的健康。③利用根管治疗后的残根根管口和相应的基托的组织面安置磁性固位体，由二者的磁性吸引解决固位问题。④利用精密附着体固位。

2. 腭杆的设计　前牙、后牙均有缺失的可摘局部义齿常常设计铸造金属前、后腭杆和侧腭杆。腭杆位于上腭粘膜表面，一般不会暴露，因而不影响美观。但腭杆构成的图形却影响义齿本身的美观，影响人们的观赏性。腭杆的构图有多种多样，但多数人认可的图形是，前、后、侧腭杆内缘构成

的图形近似倒置苹果的剖面图。即前腭杆的后缘好像苹果的底部，后腭杆的前缘犹如苹果的上部，侧腭杆的内缘近似苹果的侧面。

上述举例是较典型的一种，由于缺牙的种类多种多样，因而腭杆的构图也是各式各样，没有定式。但应注意图形尽量对称，杆的边缘要构成自然流畅的曲线，但起伏不宜过大，更不能形成锐角，总体图像要简捷、大方。

3. 基托的设计

(1) 唇基托与美观有关，个别前牙缺失，牙槽嵴吸收不明显者可不设计唇基托，人工牙颈缘与牙槽嵴形成自然的过渡。前牙缺失多者均伴有明显的牙槽嵴的吸收，应设计唇基托以衬托唇部的丰满。唇基托的边缘要逐渐变薄，但勿形成棱角。后牙区缺牙多，牙槽嵴吸收多者也要设计颊基托，而且要适当加厚以衬托面颊部的丰满。

(2) 两牙之间应形成轻微凹陷的外展隙，可增强人工牙的立体感。

(3) 牙托粉的颜色应选接近牙龈颜色的产品，最好是含有高强度纤维的产品，使基托表现呈现出隐约可见的微血管，又可增强基托的强度。

四、人造冠、固定桥修复美学

天然牙牙冠缺损不能用磨改外形或充填的方法治疗时，需借助人造冠来恢复功能和形态。前牙牙冠缺损常用的人造冠有桩冠、树脂全冠、烤瓷冠和铸造玻璃陶瓷冠等。

个别牙缺失，基牙条件较好时可用固定桥修复。作为固位体前牙常选用开面冠、3/4冠和烤瓷冠；后牙常选用壳冠、铸造全冠或烤瓷冠；而恢复缺牙的桥体部分可用金属、树脂与金属联合或烤瓷冠修复。

（一）树脂全冠修复美学

前牙小范围缺损或过小牙，选用树脂全冠修复可达到较好的美学效果。这要从两个方面下功夫，即树脂全冠的形态和颜色。

树脂全冠整体均由树脂制作，制作时唇面由选用的成品人工牙牙面磨改后形成，邻面、舌面及切缘由蜡型经装盒等工序换成树脂，并与唇侧人工牙面结合成一体。制作中磨改选定的人工牙面时重点在舌面、颈缘和切缘。要求舌面与患牙的唇面贴合；颈缘要与龈缘形态完全一致，与龈阶吻合；冠的长短、切缘和切角的形态、唇面的形态都要参照对侧同名牙和邻牙精心加以磨改。

冠的颜色要注意冠本身的颜色和冠粘固后唇面透露出的颜色。冠本身的颜色在选牙时决定，只要与邻牙一致即可。冠唇面透露的颜色是因人工牙牙面有一定的透明度，患牙牙冠的颜色和粘固料的颜色均可改变树脂全冠粘固后的颜色，而人工牙面越薄，透过的颜色越明显。因此在基牙预备时，应在保证牙髓健康的前提下，多预备一些唇面以增加树脂冠的唇面厚度；颈缘要制备出明确的龈阶。粘固时选用的粘固料要注意颜色的选择，可使树脂冠的颜色与天然牙色尽量一致。以往的人工牙牙面使用一定时间后颜色变暗，近年来人工牙的质量有了明显的提高，变色问题基本解决。

树脂全冠颈缘的密合不仅美观，还可防止龈炎的发生。树脂冠的强度差，一方面，粘固时粘固料调拌不可过稠，冠就位时要顺势逐渐加力，防止加力过猛造成破裂；另一方面，粘固前后要注意咬合调整，防止咬食时折裂。

（二）桩冠修复美学

桩冠（post crown or dowel crown）是利用金属冠桩插入根管内固位，用树脂、复合树脂或陶瓷等材料修复牙体缺损的一种冠修复体。方法简便，容易取得良好的效果。但要从唇面肩台制备、冠桩根外段的位置、牙冠形态等方面精心制作，才能使桩冠获得最佳的美学效果。

适应证：因龋坏、外伤牙折造成的牙冠缺损，或因牙冠颜色差、畸形、个别牙错位影响美观者，经良好的去髓或根管治疗后均可用桩冠修复，一般多用于前牙。

1. 唇斜面肩台制备　桩冠基牙预备时要求根面呈屋嵴形，由唇斜面和舌斜面构成；牙冠唇舌径小的可将唇斜面制备成凹面，以增加唇面牙冠材料的厚度。

唇斜面颈缘处要制备成宽约1.0mm的肩台，以增加该处牙冠材料的厚度，既可增强桩冠的抗力形，又可减少桩冠粘固后磷酸锌水门汀颜色的透露。整个肩台的宽度应均匀一致，肩台的弧度与龈缘弧度也要一致。肩台制备的好坏，可直接影响桩冠的美观。

2. 冠桩根外段的方向和长度　冠桩由金属制成，根内段将粘固在根管内起固位作用；根外段是

冠桩与人造牙冠连接的部分，将埋在牙冠材料之中部。根外段的方向和长度很重要，如果偏向唇面，冠桩的金属颜色容易透过唇面的牙冠材料，影响美观；如果偏向舌面，虽不影响美观，但将随舌面牙冠材料的磨损而暴露在冠外，影响桩冠的质量。具体要求是，根外段的唇舌面牙冠材料都应有 2mm 以上的厚度。唇面可根据邻牙唇面的位置估计冠桩根外段与唇面间的距离确定，舌面可观察根外段与相应的下前牙切缘间的距离确定。有时受根管方向的限制，冠桩根外段明显偏唇或偏舌，需要调整冠桩的形态以改变根外段的方向。成品冠桩可用三角钳调整，铸造冠桩可在制作蜡型时塑形。冠桩根外段也不能过长，其末端与冠的切缘之间应有 3mm 以上的距离，否则容易从牙冠切部透露出金属颜色。

3. 牙冠材料　桩冠的牙冠部分所用的材料种类较多，有树脂、复合树脂、烤瓷、玻璃陶瓷等。由于材料不同，制作方法各异，因而也各具特色。从桩冠的美学效果出发，使用各种材料制作桩冠时应注意下列问题：

(1) 树脂桩冠：树脂桩冠是由唇侧的树脂成品牙面与舌侧的甲基丙烯酸甲酯结合而成的。树脂成品牙面选材方便，价格低廉，制作简单，因此临床上大量使用树脂桩冠。为了减少患者的就诊次数，还可以使用自凝树脂在口内塑形制作桩冠，不需要装盒等工序，1 小时之内便可完成。但树脂桩冠中的单体对牙龈有刺激，易引起炎症。因此自凝树脂桩冠还有待改进。

选择树脂牙面时，应选硬质树脂牙，它的光泽、颜色、耐磨性都优于普通树脂牙。成品牙的长度一般都大于天然牙的长度，需要加工磨改。磨改时应从颈部开始，保留切端。要注意长度、颈部的厚度和颈缘的弧度。颈部的厚度和形态要与牙根唇斜面和肩台的形态相吻合，牙面颈缘弧形要与牙龈缘弧形完全一致。牙面与根外段相接触的部位应磨成凹形，以保证唇面不向唇侧突出。最后磨改牙面的切缘、近切角、远切角和唇面，使与对侧同名牙的形态尽量对称、协调。磨改唇面时应注意颈向收缩程度，颈嵴和发育沟的位置和形态，经过如此精心的磨改，待桩冠完成后可与对侧同名牙达到尽可能的对称，粘固后常会难辨真伪。

一般情况下都用热凝树脂制作桩冠，其效果较自凝树脂桩冠美观，且对龈的刺激少。自凝树脂只有在急需赶制桩冠的情况下才使用，而且最好选择优质产品以减少变色和对牙龈的刺激。

(2) 复合树脂桩冠：复合树脂桩冠的优点是耐磨性好，可以选色、快速。制作方法有二：

1) 冠桩试合后洗净，吹干，置于根管内。用小毛刷将调好的遮色剂均匀地涂在冠桩的根外段周围，以光固化灯照射 40 秒钟。用比色板选色，以成形刀取少量相同颜色型号的复合树脂放在遮色剂表面并加压成形，再光照 40 秒钟。树脂完全固化后调𬌗，取下抛光，常规粘固。

2) 冠桩试合后备用。选一大小、形态、颜色合适的人工牙，磨改根面和邻面，使其与天然牙根面形态吻合，唇面、颈缘、切缘与对侧同名牙对称。用牙钻从人工牙的根面向舌面窝方向制洞并从舌面穿出。试好的冠桩在根管内就位，磨好的人工牙套在冠桩的根外段上并使之就位，调𬌗，磨光，常规粘固冠桩，结固后去除多余的锌汀。天然牙根面用牙本质酸蚀剂处理后涂牙本质粘合剂。将光固化复合树脂填在人工牙洞中于冠桩根外段上就位，用成形刀去除多余部分，以光固化灯从唇面、舌面各照射 40～80 秒钟即告完成。

(3) 烤瓷桩冠：烤瓷桩冠有两种形式：一种是在冠桩、金属舌面背一体铸成的基底上熔附瓷层，舌面颈 2/3 为金属，切 1/3 为烤瓷；另一种是先完成金属桩核，即根外段类似基牙冠形态的铸造冠桩，常规粘固后再在其上做金属基底冠，熔附烤瓷、试合、粘固。后者的唇、舌、邻面均为烤瓷，舌面烤瓷也可只覆盖切 1/3。

(4) 铸造玻璃陶瓷桩冠：先做金属-复合树脂核桩，树脂材料的颜色按邻牙牙冠的颜色选择；如果用金属材料作核桩，应在金属核的表面涂遮色剂，也可在粘固时选用不透明的粘固料，这样可减少金属颜色的透露。粘固核桩后取模做铸造玻璃陶瓷桩冠，完成后常规粘固在桩核上。

(三) 烤瓷熔附金属全冠修复美学

烤瓷熔附金属全冠 (porcelain-fused-to matal crown, PFM) 是由金属基底与覆盖在其表面的烤瓷构成的一种人造冠。它具有金属全冠的强度和烤瓷全冠的美观，即兼有二者的优点。从 50 年代开始已在全球风行。

1. 适应证

(1) 变色牙、畸形牙、个别错位和扭转的前牙。

(2) 缺损范围较大的后牙。

(3) 固定桥的固位体。

2. 制作步骤

(1) 牙体制备;

(2) 取印模, 灌注模型;

(3) 制作金属基底;

(4) 表面粗化、排气和预氧化处理;

(5) 涂瓷、熔附;

(6) 染色、上釉;

(7) 试合、粘固。

3. 制作要点 烤瓷熔附金属全冠制作较为复杂, 从美观角度考虑应注意下列几点:

(1) 舌面亦需覆盖烤瓷, 只需预备出 0.5mm 的间隙; 前牙切端应有 2mm 的间隙, 防止基底的金属和遮色层外露。唇颊侧颈缘预备成直角或约 135°角的凹面, 肩台宽 1mm。

(2) 金属基底的厚度: 以 0.5mm 为宜, 过薄会受瓷层收缩应力的影响而向外扩张变形, 造成颈部不密合, 还会在冷却时因降温过快而发生瓷裂; 过厚则影响瓷层的厚度。

(3) 瓷层的厚度: 应在 0.85～1.2mm 范围内, 过薄会透露出基底的金属颜色或降低瓷的透明度; 过厚则向唇颊突出过多, 既影响美观, 又不舒适。

(4) 金属基底表面应先涂一层不透明瓷 (opaque), 要求涂布均匀, 厚度达 0.2mm, 可防止金属颜色的透露。

(5) 不能反复烘烤, 否则热膨胀系数增大, 会降低适合性, 还会增加瓷裂的可能性, 而且瓷粉内的碳酸盐不断分裂, 产生的气体滞留不能排出, 影响瓷层的透明度和颜色。

(6) 需要二次选色。第一次在上釉前, 选择合适的烤瓷颜料于冠的唇面染色。经过二次严格的选色, 可使完成冠的颜色与邻牙颜色基本一致。

(四) 铸造玻璃陶瓷冠修复美学

铸造玻璃陶瓷冠是用玻璃陶瓷材料制成的一种人造冠。80 年代中期开始用于临床, 具有下列优点: ①强度高, 不需要作金属基底; ②硬度接近牙釉质, 对殆牙磨损少; ③收缩率小, 适应性好; ④有近似于牙釉质的半透明性。可以说, 它是当前美学效果很好的一种人造冠。1989 年我国引进了 Dicor 系列, 1990 年国产 Liko 铸造玻璃陶瓷材料问世, 质量达到了 Dicor 材料的水平, 且价格只相当于前者的 1/60, 为铸造玻璃陶瓷冠在我国的推广应用创造了重要条件。但铸造玻璃陶瓷冠的强度有限, 有冠裂现象, 还不能制桥, 故其质量有待提高。

1. 铸造玻璃陶瓷冠美学效果好的主要原因 铸造玻璃陶瓷有特殊的显微结构, 晶体的大小近似, 可见光光波较长, 晶相与玻璃相的比例和二相的折射率相同, 因此具有半透明性。

天然牙冠的显色原理是, 牙冠所显示的颜色是由两部分混合而成的, 一是釉质表面的反射光, 二是经过釉质和牙本质散射后再反射出的光。因此, 天然牙冠颜色的形成中牙本质起主要作用, 同时受釉质的半透明性和厚度的影响。人造牙冠的颜色要想与天然牙的颜色一致, 其表面必须有半透明性和近似牙本质颜色的底色。铸造玻璃陶瓷冠正是具有这种特性, 它的颜色是由表面染色和粘固料的颜色通过半透明的玻璃表层透出来而形成的。

2. 材料成分

(1) Cerapearl 体系: 主要成分为 CaO-P_2O_5-MgO-SiO_2, 用它铸造成的晶体结构为 $Ca_{10}(PO_4)O$, 接触水后形成 $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_6$, 即羟基磷灰石。

(2) Dicor 体系: 主要成分为 SiO_2K_2O-MgO-MgF, 也叫八硅氟云母晶体。

(3) Liko 体系: 主要成分为 K_2O-Al_2O_2-MgO-SiO_2-F, 即四硅氟云母晶体。

3. 制作步骤

(1) 在石膏代型上制熔模。

(2) 包埋铸造。

(3) 置瓷化炉内晶化。晶化后约有 55% 的玻璃基质转化成陶瓷晶体, 强度明显增加。

(4) 上色完成。

4. 为了取得最佳美学效果应注意的事项

(1) 牙体预备时唇 (颊) 舌及邻面需有 0.1～1.5mm 的间隙, 切面留有 1.5～2.0mm 的间隙。颈缘肩台宽度不小于 0.5mm, 肩台呈 90°的圆滑形或 120°的凹面形。

(2) 取印模前先做缩龈处理, 可增加颈部冠的密合度。常用的方法是以含 0.1% 肾上腺素的牙线绕颈缘 1 周, 保持 1 分钟。

（3）上色时掌握好色彩的过渡，不同颜色的陶瓷之间不应有明显的界线。

（4）粘固剂的颜色对粘固完成后冠的颜色影响很大，颜色选定后要先用相同颜色的粘固剂代用品试粘，效果满意后再用选中的粘固剂正式粘固。

（5）为了调整冠的颜色，可以重新上色、烘烤，质量不受影响。

（五）固定桥修复美学

构成固定桥的主要部分是固位体、桥体和连接体。

1. 固位体

（1）开面冠：开面冠因唇面的颈环影响美观，故已逐渐被淘汰。但不少地区受医疗条件所限，目前仍在使用。

影响开面冠美观的关键是唇面开窗的大小。要扩大开窗，就要减少颈环的宽度，尽量暴露近远中唇邻轴面角和唇切边缘嵴。其中颈环是开面冠固位不可缺少的部分，要求有一定的强度。因此在保证强度的前提下尽量控制颈环的宽度，就可以减少其对美观的影响。一般以不小于 0.5cm 为宜。窗的周缘与冠边缘的要求类似，应逐渐变薄，并与牙体密贴，既自然又舒适。

（2）3/4 冠：与开面冠相比，3/4 冠更美观。因为 3/4 冠靠邻沟固位，不需要颈环，唇面完全暴露。但是邻边缘仍有少量金属显露，如何减少金属冠边缘的显露，是增进 3/4 冠美观效果的关键问题，应从邻面和切缘等方面着手：

1）邻面片切间隙要小，冠的邻面由舌向唇逐渐减小，且不超过唇邻边缘嵴，邻面的长度应控制在牙冠长度的切 2/3 以内。

2）切缘应预备成切斜面，以保证 3/4 冠切缘的舌侧部分较厚，有一定的强度来完成切割功能，而冠切缘的唇侧部分逐渐变薄，且不超过唇切边缘嵴，减少金属的外露。

3）金属的选择。用于铸造 3/4 冠的金属有金合金、铜基合金、不锈钢、钴铬合金、烤瓷合金等。前 2 种属于中温铸造合金，后 3 种为高温铸造合金。其中金合金铸造后收缩少，准确，但质软，色黄。钴铬合金质硬，但收缩大于金合金，呈银白色。选择哪一种材料要综合多种因素而确定，但从美观角度考虑，要征求患者本人的意见。有的人喜欢金黄色，有的则喜欢银白色，应尽量满足患者的要求。

（3）壳冠、铸造全冠：后牙牙体缺损或作为后牙固定桥的固位体常选择壳冠、铸造全冠，有条件的则选择烤瓷冠。

壳冠目前在我国仍广泛使用着，与铸造冠相比，切割牙体组织少，所需的设备简单。要求𬌗面、轴面有良好的解剖形态，冠边缘与牙体密合，邻面与邻牙接触良好，无食物嵌塞。

1）𬌗面、轴面的解剖形态主要体现在有明确的沟、窝、尖、嵴。从牙体预备开始，预备𬌗面间隙时，就要按𬌗面的解剖形态磨改𬌗面；轴面预备时要求没有倒凹，但在石膏代型上要加蜡形成颊舌面的突度；锤制前应有准确的金属代型和金属𬌗面底座，锤制时要用石膏代型反复对照检查𬌗面形态，并作必要的修改。

2）冠边缘与牙体密合的根本条件是牙体预备完成后，轴面无倒凹，保证牙冠的最大周径在牙颈部；石膏代型颈部要延长约 0.5mm，然后内收；三瓣金属阴模收紧时要掌握好力量，防止冠边缘过松或过紧；冠边缘应磨改成薄斜面。遇有龈萎缩显著，牙体预备难以完全消除倒凹者，应考虑制作半冠，即冠边缘不达龈边缘，仅止于倒凹区以上牙冠周径最大处即可。

3）冠的邻面与邻牙接触良好，不造成食物嵌塞的关键是：制作石膏代型前，石膏模型上患牙的邻面加蜡量要掌握好，蜡表面与邻牙之间恰好有一层白合金片厚度的间隙。试冠时要用牙线检查邻接关系的松紧，稍松或略紧时用工字尺锤打修改，锤打时注意工字尺工作头与冠壁的方向和位置关系。遇有患牙邻面与邻牙间隙过大时，不应以多加蜡的方式达到冠与邻牙接触的目的，而应待冠制成后在冠的邻面加焊小块白金片，这样既能使冠与邻牙接触，又能保证冠与患牙牙冠密合。

铸造全冠与锤造全冠相比，强度大，耐磨性好，对牙冠缺损范围大的患牙可以恢复原来的形态。但是要求有铸造设备，工序多，精度要求高，患牙预备量多。应注意以下几点：①邻面不应有任何倒凹；②模型最好用超硬石膏制作，防止制蜡模过程中的模型损伤；③蜡模的厚薄适度，防止因蜡模过薄而造成铸造失败；④铸道的粗细和安置位置要合理；⑤铸金用量、包埋材料、包埋操作、金属

熔化温度、铸造时机等均应符合要求；⑥铸造完成的人造冠，其邻面均不打磨，以保证良好的邻接关系。

桩冠、烤瓷冠作固位体的修复美学见第一节。

2. 桥体　从美学角度考虑，设计和制作桥体时要注意唇面和龈面。

(1) 唇面：桥体唇面的美与不美，主要是颜色、大小和形态。三者中颜色尤为重要，比大小、形态更能引起人们的注意。对颜色的要求是与邻牙一致，不易被发现是假牙。如果颜色与邻牙不同，很容易被发觉，如一颗变了色的死髓牙极易引起别人的注意。为了解决好颜色问题，一方面是选牙时注意颜色，另一方面是防止桥体金属部分颜色的透露。解决透色问题的主要手段是涂遮色剂。

颜色与邻牙一致时，就要看大小和形态了。桥体的大小指近远中横径和切龈长径。缺隙正常的较容易解决。缺隙过大或过小的则应利用视觉误差加以弥补，使过大过小的桥体看起来比较正常。如较大的缺隙，桥体的唇面应加大突度，加深纵向发育沟。而过大的缺隙，则应使桥体唇面制成一个正常宽度的牙和一个小窄条牙。如遇较小的缺隙，于基牙预备时多磨除基牙缺隙侧邻面的倒凹，加大间隙，或加深桥体唇面的横向发育沟。后牙区缺隙过大过小时对美观的影响较小；但前磨牙缺失时，制成桥体应尽量将唇面的近中部分更接近正常形态。

唇面的形态还要注意唇面的突度和颈嵴的形态，都应参照对侧同名牙的形态。邻间隙的处理也很重要，桥体的邻间隙处不能压迫牙龈，虽然对美观有些影响，但首先要保证食物的流通，以免引起炎症。

(2) 龈面（向嵴面）：桥体的龈底部分以往都设计成鞍基式，优点是形态好，接近正常牙颈部形态。缺点是该区与龈组织接触面积大，容易存留食物残渣，形成牙垢，生长菌斑，引起粘膜炎症。

较好的设计是盖嵴式，即唇面颈部向舌内收，龈面近远中向缩小，使龈面与粘膜的接触面积减小。

五、口腔修复的比色与选色

制作美学效果好的修复体，比色、选色是极为重要的一环。比色常用的工具是比色板、比色仪。比色准确，才有可能选准颜色。

（一）Vita 比色板的特点

Vita 比色板是世界较为公认的一种比色板，共 16 种颜色，分 4 组。

A 组　含红棕色 A1、A2、A3、A3.5、A4

B 组　含红黄色 B1、B2、B3、B4

C 组　含浅灰色 C1、C2、C3、C4

D 组　含红灰色 D1、D2、D3

比色时先确定一个组，然后再确定该组中的一个色。

Vita 比色板是使用最为广泛的比色板，但用其比色的结果还是有误差，其中一个重要原因是比色板与金瓷冠之间存在着一些差异：

1. Vita 比色板用的是高熔瓷，金瓷冠用的是低熔瓷，在一种光源下二者的色调可能是一致的，而在另一种光源下可表现出不同的色调。

2. Vita 比色板瓷的厚度是 2.45～4.93mm，而金瓷冠瓷的厚度只有 0.8～1.2mm。

3. Vita 比色板与金瓷冠瓷层的结构也不同。

4. Vita 比色板的瓷厚，无金属背，入射光在入射途中几乎均被吸收，舌侧也有入射光。金瓷冠的瓷薄，有金属基底层，入射光在遮色层几乎全被扩射或经过体瓷层、釉质层反射至表面。由于对光的扩射、反射方式不同，影响了比色的准确性。

5. Vita 比色板不能包括全部天然牙色彩。

（二）VITAPAN 3D MASTER 比色系统的特点

1. 充分体现了牙色的色相、色度和明度。

2. 结构　按明度的高低由左向右分为 5 组，按彩度的浓淡由前向后分为 2 排或 3 排，2、3、4 组每组又分为 3 行，"L"为左侧，带黄色，"R" 为右侧，带红色，M 为中间，不偏黄也不偏红。

3. 使用时先按明度选择 5 组中的一组，再按彩度从 2 排或 3 排中选出一排，最后再从 L、M、R 中选出色相。

新比色板的设计提高了比色的准确性。

（三）松风新 Vintage Halo 比色板的特点

为了弥补 Vita 比色板的不足，新 Vintage Halo 比色板更接近自然牙的三维色彩结构：

1. Vintage Halo 基础比色板共 19 色，其中增加了三种新色阶——根面色：RootA、RootB、

RootC。

2. Halo Red Shift 比色板增加了 10 种传统 Vita 比色板中所没有，而自然牙中又常见的偏红的新色阶。

(四) 比色的要求

1. 光源种类可影响物体的颜色，因此有条件者应使用标准光源（6500K）。

无标准光源者应使用自然光，最好是上午 10 时至下午 4 时之间，在室内北窗旁，光源比较稳定。

2. 物体的背景对颜色也有影响，牙齿、比色板的背景也要一致。

日本松风公司发明了牙龈色板（Gumy），呈粉红色，分浅、中、深三种色度，选出与该患者牙龈颜色接近的一种与比色板配合使用，可使比色板与牙齿的背景统一，减少背景对比色的影响。

3. 比色时牙齿、比色板距医师眼睛的距离要一致，约为 25～30cm。

(五) 电脑比色仪的特点

人类自然牙的颜色种类有 800 多种，远比比色板的颜色要丰富得多，而且每个人对颜色的识别有很大的差异，因此用肉眼比色出现误差是难以避免的。松风公司、美能达公司和山本真先生合作研制了电脑比色仪（ShadeEye），解决了人为因素造成的比色误差。

1. 电脑比色仪的结构　工作探头、微型电脑、微型打印机。后二者装在一个小盒内，与工作探头之间用电线相连，总重量只有 250g，十分轻巧。

2. 工作程序　接通电源后，探头对准牙冠，离开牙龈 1～2mm 处，按动开关 3～5 次，1 秒钟后，所有资料便会自动打印在处方上。处方内容包括：①牙齿的色相、色度、明度；②应选用的遮色瓷、体瓷、釉瓷瓷粉。

六、美学对口腔修复医师的要求

(一) 医师的仪表美和语言美

1. 修复科医师的仪表、谈吐、操作等都有一个美与不美的问题。在人们的心目中医师是最讲卫生、最有礼貌的人，患者也最愿意接受态度端庄、仪表整洁、富有经验的医师给自己治疗，而不愿找不讲卫生的大夫为自己看病。可是有的医师不注意理发、修面，不注意工作衣帽、衬衣领口的卫生，有的还叼着香烟操作。

医师做到整洁端庄应该是最起码的要求。当然，医师不仅要有良好的个人卫生，而且为患者操作时更要注意卫生，如：使用的治疗盘、与口腔接触的器械等要消毒；对每个病人操作前都要认真洗手；未经磨光、洗净的义齿不能戴入患者口中等。据观察，这些基本要求并不是每位医师都能认真做到的。

2. 医师与患者谈话有个语言美的问题。例如，需要了解患者的职业时，最好不要直截了当地问："你是干什么的?"如果再不注意语气、语调，就会给人一种受审讯的感觉，使人听了不快，甚至反感。若能用委婉的语调客气地说："请问您是做什么工作的?"听者就能从中感受到你对他的尊重，从而心情愉快，有益于健康，而且他也会更好地配合治疗。

3. 患者缺了牙本来就是件不愉快的事，尤其是对年龄不大而又缺了全口牙齿的人，心理上受到很大的影响，有的沮丧，有的自卑。医务人员一方面要予以修复，同时还有安慰病人的责任。可是有的医务人员常会惊讶、惋惜地说："这么年轻，怎么牙齿都没有了!"说的人无所谓，但听的人心灵上又受到了一个刺激，也可以说是一种伤害，而且是来自医务人员的伤害。如果换句话说："不要紧，我会尽力设法给您做一副好用的假牙的。"这样，不仅使病人得到了很大的安慰，而且增添了用好假牙的信心，同时也会感受到一种美的享受。

4. 爱美之心人皆有之。但是我们中国人的感情是比较含蓄的，因此谁也不愿意对别人说："我爱美。"所以有的患者认为自己的假牙不好看时，并不直接对医生说不好看，而是说这儿有点不舒适，那儿有点不舒服，或者拿着镜子左照右照不肯离去。医师经过检查发现没有问题时，就应该考虑到是否有美观的问题，应该主动引导并尽力改善，必要时重作，而不应嫌患者"过份挑剔"、"要求太高"。

5. 还有些话，如"你的嘴太瘪"、"你的牙长得太乱"、"你是地包天"、"你不看看你的条件"、"你的这些牙都松了，该拔掉做满口的"等等，这些话都会不同程度地给患者带来不良刺激。若改为以下说法，患者会更容易接受："您的上唇不够丰满"、"您的牙齿不够整齐"、"您的上前牙太靠后，下前牙又

太靠前"、"您的牙床比较低、比较窄，给镶假牙带来不小的困难"、"您剩下的这几颗牙都不牢了，牙槽骨吸收了很多，留着它对镶假牙不利，如果拔掉镶全口假牙效果反而会更好"。有的话要婉转表达，有的则要做些解释，患者明白了道理，自然会接受医师的建议，既治了病，又感到心情舒畅。

（二）专业知识、技能与美学

1. 人缺了牙不仅影响咀嚼功能，而且破坏了人体的完美形象。修复科医师不仅要用义齿来恢复患者的咀嚼功能，而且要达到维护人体美的目的，在具体的医疗工作中，不能离开科学技术。没有专业理论和技术，美学效果也无法获得。

2. 上颌总义齿常常容易从中切牙之间裂开，如果简单地拼在一起修好，过几天会再次折断。为此，有的医师修理时，于修补材料结固过程中把义齿戴在患者口中，上下牙咬在一起，这样可使基托二侧与上颌粘膜贴紧，裂开的空隙内充满修补塑料，直到结固。用这种方法修理的义齿强度优于前一种方法，但从正面看，中切牙之间明显地增加了修补的树脂，破坏了上前牙的正常形态，而且是位于影响面容最显著的部位。就是说，虽然义齿的强度比前一种方法好，但影响了美观，也就是没有达到尽善尽美。笔者认为更好的方法是先按第一种方法把折裂的二部分接在一起，然后在组织面再做一次垫底，这样既可使基托与粘膜贴合保证义齿的质量，又不破坏前牙的自然美。

3. 有些患者使用了多年全口义齿后殆面磨损严重，面下1/3高度明显降低，嘴明显地瘪了，因而需要另作一付。但如果义齿恢复到正常高度，虽然外形好看多了，却常因咬合痛、关节区不适或固位不良而失败。因为垂距的降低是多年来逐渐变化的，新义齿恢复到原来的高度，人体一时难以适应。对这些患者应先将原义齿的殆面用自凝塑料加高约2mm，戴用1～2周适应后，再加一层，如此分2～3次，逐渐加高，恢复到满意的高度时，再重做新义齿，就会使患者很快适应。即使如此，对老年患者来说，也不应恢复到年轻时的面下1/3高度，因为随着年龄的增长，面下1/3高度也要逐渐减小，这样才能使制作的义齿符合自然美的规律。

4. 制做一副全口义齿，不仅每一步骤都要认真操作并达到要求，而且初戴时，医师还必须检查咬合、基托等，发现有可能引起疼痛，影响固位的问题时，要即时修改，以使患者尽快适应，减少复查。但也有的医师戴义齿时并不做详细检查，而是让患者戴回去试用，待患者复诊时，再根据口内粘膜充血、破溃的部位（有些患者戴用时间略长，甚至会引起粘膜溃疡）修改义齿。这种方法，医师容易查出需修改的部位，比较省事，但可否想到，患者试用的这几天是如何忍受粘膜由充血、破溃，甚至形成溃疡这一系列过程中的痛苦呢？虽然经过修改补救，最后也可以达到好用的程度，但也无疑给患者的身心带来伤害。当然为患者初戴义齿时，要能检查出问题来，不仅要有处处为患者着想的美好思想，而且也需要有一定的经验和技术水平。因此理论知识和临床技巧要有医学美学的思想作指导，而医学美学又离不开临床经验和技术水平，二者相辅相成，互为促进。

（郭天文）

第二节　口腔正畸学中的审美

一、正畸治疗的目标

口腔正畸学是研究牙颌颅面畸形的发病机制及其矫治的学科，学科早期的治疗宗旨主要是恢复和重建牙齿的正常排列和美观，与颜面美密切相关。就正畸学（orthodontics）一词而言，最早源于希腊文"orthos"意为矫正，"dontos"意为牙，加上词尾"tics"——学科，如果按中文意思应译为"牙齿矫正学"或"正牙学"，即矫治畸形或难看的牙列使之整齐变美的一门学科。近代，由于该学科的迅速发展，其范围不仅局限于牙齿不齐的矫正，而已扩大至对牙、颌、颅、面形态畸形以及功能异常的诊断和治疗。因此，目前国外已将该学科称为"牙齿矫正学和牙颌面矫形学"（orthodontics and dentofacial orthopedics）。20世纪50年代，我国将该学科定名为"口腔正畸学"，顾名思义，已含及了该学科今日的领域和发展，显示了我国老一辈口腔专家们的高瞻远瞩。因此，当我们今天从口腔正畸学的角度探讨该学科的审美问题时，不仅应着眼于牙齿排列及咬合关系的审美，同时，也应包括对口颌系统及颜面软硬组织关系的全面认识和评价。只是从学科的特点出发，在审美的内容、方法和角

度上有不同的侧重点而已。

牙列形态和功能的恢复和重建，仍然是正畸治疗的基本目标。既包括了牙列形态的对称、和谐、协调等视觉上的审美，也包括了口齿功能的健康、舒适、稳定等感觉上的美感。在正畸门诊中，患者就诊的原因，主诉上，是希望矫正不整齐的牙齿排列，恢复牙齿的功能。但更深层的希望多是出于容貌方面的考虑。随着社会的发展和进步。人们需要广泛的交流和互往，口齿的美观和健康不仅影响语言、消化、呼吸等功能，在很大程度上也影响其社交和个体的身心健康。爱美是人的本能，并不是人的奢求，它也是患者内心深处最敏感的东西。著名正畸学家Tweed。在读过一位因上颌牙前突，不能自然闭唇，因而产生自卑感，从而剥夺了其人生最大财富之一——个性成长的儿童来信后写道："这世界应该是儿童们幸福生活的地方，如果因为牙面畸形阻碍了他们的幸福和未来的婚姻，作为正畸医师，那怕有一点可能性，我们也应竭尽全力来恢复其幸福"。矫正错位的牙齿、恢复牙列的正常功能，尽可能地塑造个体相适的口唇部和谐和美感…，尽管，正畸医师所进行的是局部的口腔牙颌畸形的矫正治疗技术工作，但在更深一层的责任上，是在重塑一个畸形患者的新的美好人生。这是正畸治疗的最高目的。也是正畸医师崇高的职责。

正畸学中的审美属于医学审美范畴，医学美属于理性美，它不同于感性美，后者可随社会环境及人的主观感觉不同而发生较大改变。而医学美属于健康美，一般有严格的标准，是生理功能与外观结构的完善结合。对于正畸学而言，这就需要建立一个"正常"或"理想"的概念即审美标准。包括涉及牙齿正常牙形、牙位、牙数、牙接触、䝉曲线等的"正常䝉"评价标准，以及涉及软组织与骨骼和牙齿的关系，包括正常骨面型、鼻唇颏关系、唇齿关系等的"正常软、硬组织关系"审美标准。严格而言，由于人面的结构千差万别，"一个精确、严格的标准并不存在，也不可能存在……，在理论上我们从未发现过标准正常，但在实际中我们常常感到需要它，并在事实上应用它"（Simon）。因为如果没有平均的、普遍的标准，我们就难以知道在哪儿或从什么地方开始或结束其治疗。这种"正常"或"理想"的审美标准一直是正畸学者追求的科学目标。近一个世纪以来也一直是正畸学者们努力探索的课题和方向。当代正畸学中的各种正常概念的审美标准都是经过多年的积累、演变和发展而建立，并且在实践中不断更新和完善。而正畸学中，最基础的就是"正常䝉"的概念和标准。

二、正常䝉及审美标准

早在19世纪初，正畸学者Hunter（1803）就对正常䝉作过描述。以后很多正畸学家如Kingsily、Angle、Andrews等均对正常䝉进行了研究并建立了一些经典的评价标准，如Angle早期提出的保存全副牙齿、牙弓决定基骨的理论及以上颌第一恒磨牙为"锁钥"的理想标准，以及1972年Andrews通过对120副最佳正常䝉模型计测，提出的正常䝉六个标准等。由于正畸学者们比较注重牙及牙列关系的形态学特征，故长期以来，这些研究多以上下颌牙及牙列解剖形态及静态接触关系为出发点进行。从审美的角度上，这符合视觉优先的原则。近年来，随着研究的深入，人们对功能越来越重视。从动态的角度出发，越来越关注与口面咀嚼系统功能密切相关的牙周、颌骨、颞颌关节及肌肉的形态、大小、位置、方向以及神经支配在评估正常䝉中的意义和作用。但归纳起来，目前，在正畸学中对正常䝉的定义，简而言之，可分为三类：①理想正常䝉（ideal normal occlusion）；②个别正常䝉（individual normal occlusion）；③功能正常䝉（functional normal occlusion）。后两种正常䝉，在形态定义上不太规范，尚难确定评价的统一标准。而理想正常䝉，尽管在人群中比例很少，不到10%，但形态学上比较规范。而且，从"正常的形态是保障正常功能的基础"出发，也体现了其功能的最佳发挥。大自然中的最佳状态是我们模仿的范例，所以，以下所列符合医学美的有关正常䝉的概念和标准中，我们将"最佳"正常䝉作为"有章可循"的形态和审美的主要参照依据，应该是可理解和接受的。以下为理想正常䝉的六项标准：

1. 牙弓形态　人的上下颌牙齿均生长在牙槽骨内，其牙冠连续排列成近似抛物线的弓形，称为牙弓或牙列弓。正常䝉人的上牙弓略大于下牙弓，这是由于上颌是固定的，下颌是活动的，这种差异

保障了在咀嚼运动中，下牙弓易于就位在固定不动的上牙弓殆面上，并保障了被上牙弓撑开的唇颊软组织不至在咬合运动中受损伤。

理想殆的上、下牙弓左右两侧牙齿在形态、大小、位置上对称一致。当上下颌牙正常闭合接触时，中切牙间中线上下对齐、居中。并且上下牙列弓与相应牙槽弓（基骨弓）及上下颌骨体的大小、形态及位置关系协调一致。

正常殆牙弓的形态，在个体并不完全相同。可概括地分为三种基本类型：即方圆型、卵圆型和尖圆型。但通常多为此三种基本类型的混合型。临床发现，牙弓形态与各个体的牙型、面型是一致的，这在确定正畸治疗的个体美感标准时，可作为参考。(图 13-5-1)

2. 牙齿大小、形态及排列　正常殆人的牙齿大小、比例、形态没有畸形，并且与个体的口腔大小和面型相适。其中，中切牙的唇面突度与侧貌的面型突度相似（图 13-5-2），中切牙唇面的倒置形态也与相应的面型密切相关，这在正畸治疗后，一些需修复保持的牙及牙列形态审美设计中十分重要。

在排列上，理想正常殆上下牙弓中的牙齿都保持紧密的邻面接触，无牙间隙，并且在完整牙列弓中的每个牙齿都没有不适当的牙齿旋转。

当上下颌牙正常闭合接触时，牙弓大小协调，上下对应牙紧密嵌合，每个牙都和对殆牙的两颗牙相接触，仅有下颌中切牙和上颌第三磨牙与对殆牙的一颗牙相接触。据 Bolton 的研究，此时其上下牙量（包括前 6 颗牙近远中总径及前 12 颗牙近远中总径）比率在正常范围内（图 13-5-3）。

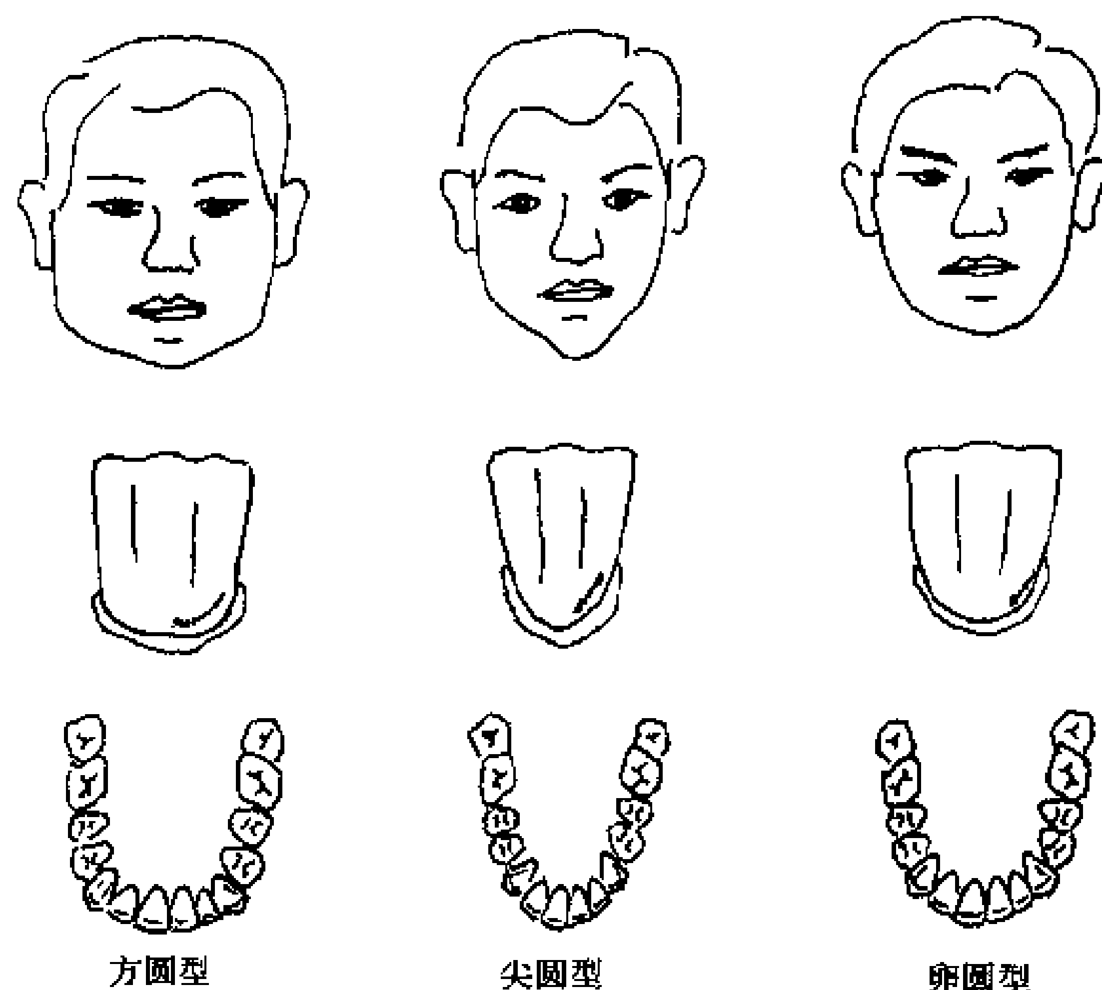


图 13-5-1　面型、牙型与牙弓形态的相似性

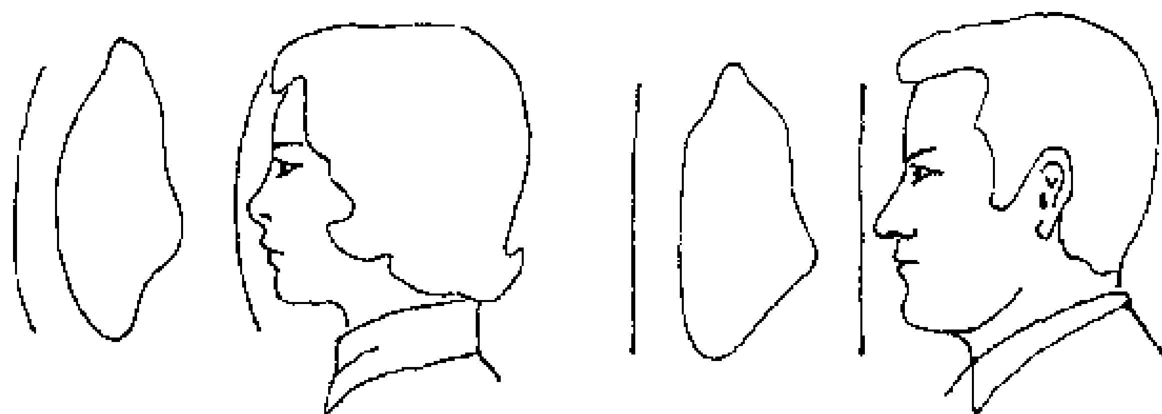
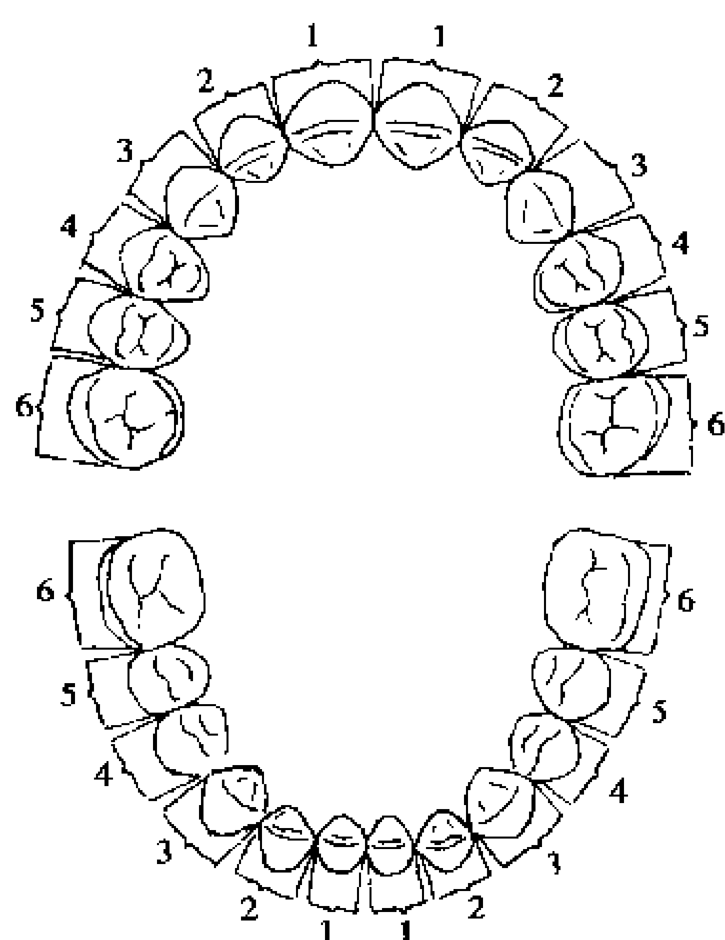


图 13-5-2　中切牙突度与侧面型的相似性



Bolton比：

全牙比：

$$\frac{\text{下颌1～6近远中总径}}{\text{上颌1～6近远中总径}} \times 100\% = 91\%$$

前牙比：

$$\frac{\text{下颌1～3近远中总径}}{\text{上颌1～3近远中总径}} \times 100\% = 78\%$$

图 13-5-3 上下牙量的 Bolton 比率

3. 咬合关系

前牙关系：正常𬌗人的切牙覆𬌗在牙间交错位时为：上切牙的切缘覆盖下切牙唇面的切 1/3；正常覆盖，最大不超过 3 毫米。

尖牙关系：在牙间交错位时正常𬌗的上尖牙近中舌面应与下尖牙的远中唇面相接触。尖牙间应有良好的覆𬌗及覆盖。这是因为尖牙的形态、突度及位置直接影响到口唇的审美效果。

磨牙关系：在牙间交错位时，上颌第一恒磨牙的近中颊尖咬合于下颌第一恒磨牙的近中颊沟上，且其近中舌尖咬在下颌第一恒磨牙的中央窝上。同时，更重要的是上颌第一恒磨牙远中颊尖的远中面应与下颌第二恒磨牙近中颊尖的近中面紧密接触。这一规律被 Andrews 特别强调，是判断磨牙中性关系的重要依据（图 13-5-4）。

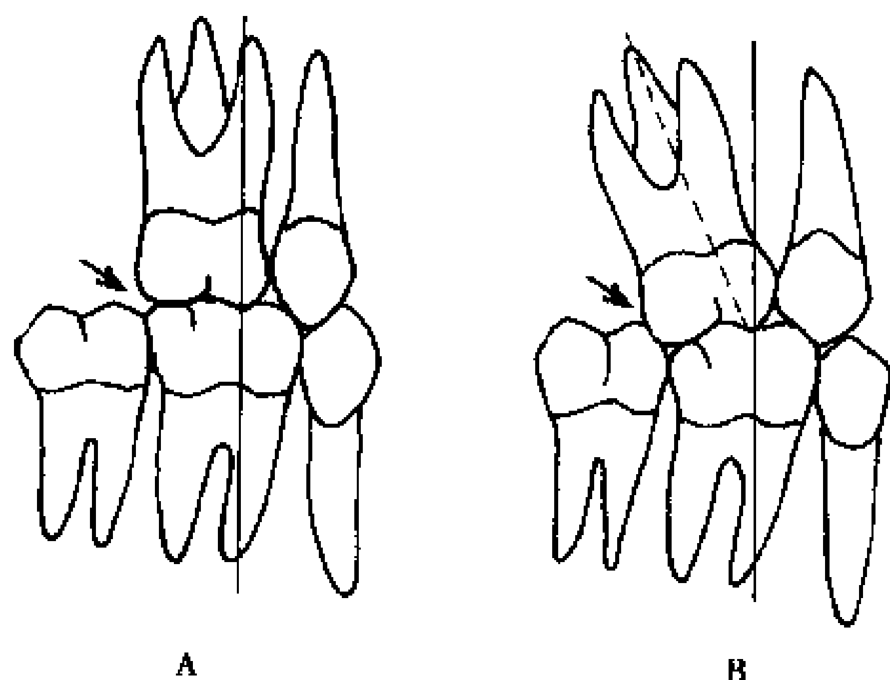


图 13-5-4 A. Angle 磨牙关系 B. Andrews 磨牙关系

4. 𬌗面形态（𬌗曲线） 1890 年 Ven Spee 基于对人类天然牙𬌗的观察发现，从下颌尖牙到最后磨牙的所有颊尖连成曲线，形成一曲度，以后以其命名为司匹曲线（curve of Spee）。正常𬌗的牙弓𬌗面，由侧方观察完全符合 Spee 的观察，呈现一自然的纵𬌗曲线，而由前方观察，呈现为横𬌗曲线。无论是横𬌗曲线还是纵𬌗曲线，上下颌𬌗面弧度彼此相互吻合，以促使在咀嚼过程中，两侧牙齿及前后牙齿保持𬌗接触平衡。这种曲线美的形式是与下颌运动功能相适应的。1887 年 Bonwill 发现下颌与下颌牙弓形态与等边或等腰三角形相符，三角形的角居于两侧髁状突的中心及下颌中切牙近中触点上，边长约为 10.16cm（4 英寸），即所谓的三角学说（图 13-5-5）。1920 年 Monson 进一步发现 Bonwill 三角是在球面的一段上，也即是说下颌牙的𬌗面，密贴合于以眉间点（glaballa）为中心，以 10.16cm 为半径的球面上（图 13-5-6）。事实证明，正常𬌗人的下颌牙弓𬌗面一般是符合这一测量数据与现象的，但个体差异也很大，可小于 10.16cm，也可大于此数。近年来，据 Andrews 的研究，从正畸治疗最终效果的角度，年轻的最佳正常𬌗人的纵𬌗曲线应平坦或仅稍有曲度，并认为较平坦的𬌗平面是过矫治的目标。而反向𬌗曲线（将遗留散在间隙）是过度矫治的一种极端形式（参见第二十三篇）。在生长发育的个体中，由于下颌较

上颌生长潜力大以及下磨牙的近中移动（尤其是下第三磨牙的生长）推下切牙前倾的力，使下前牙的生长将受上前牙和唇的限制，只能逐渐舌倾，从而可加深纵殆曲线。故较平坦及稍有曲度的殆曲线对于矫治后的稳定是有益的。

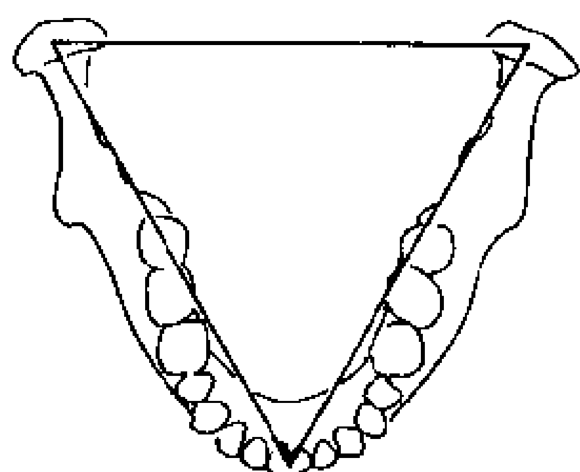


图 13-5-5　Bonwill 三角

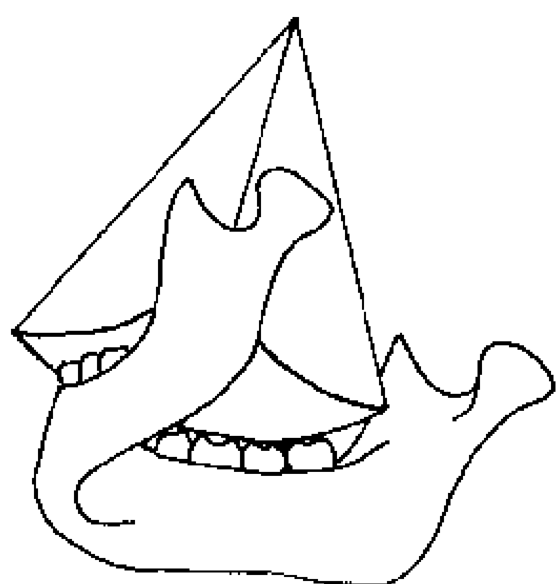


图 13-5-6　Monson 球面

5. 冠轴的倾斜　牙冠是临床中可直视的形态和临床审美的目标。据 Andrews 的研究，发现正常殆的牙冠均具有两类重要的生理正常倾斜：①牙冠的近远中倾斜（牙冠角）。即正常殆所有临床牙冠长轴（不是指整个牙齿的长轴）的龈端均向远中倾斜。不同的牙齿有不同的牙冠角，不同个体同一牙位的牙齿具有一致的牙冠角。前牙冠角的大小决定着其占据的近远中间隙大小，并对前牙的美观和后牙殆关系产生很大影响。②牙冠的唇舌向或颊舌向倾斜（转矩）。其中包括：A. 前牙转矩：指中切牙及侧切牙临床牙冠均呈一定程度的唇向倾斜（冠的唇向转矩），正常切牙冠的唇向倾斜有助于防止前牙过萌及获得正确的覆殆和后牙殆关系。如果切牙过度垂直，达不到功能协调可造成前牙过萌。如果上切牙冠唇向转矩不足，上后牙冠就会前移。如果切牙随上前牙冠唇向倾斜，即转矩（正值）加大，切牙接触点将逐渐向远中移动。B. 上后牙转矩：从上尖牙至上颌第二双尖牙至磨牙的牙冠均呈舌向倾斜，即牙冠呈舌向转矩。其中第一、二恒磨牙转矩值略增大。C. 下后牙转矩：正常殆人的下后牙也均为牙冠呈舌向倾斜，并且从下尖牙到磨牙冠的舌向转矩从尖牙至磨牙依次增大。

6. 功能咬合关系　根据现代对殆的认识，从功能和动态审美的角度，理想正常殆不仅表现出有良好的牙形结构和静态殆接触关系，而且应具有正常的下颌运动位（颌位关系）及下颌运动径（图 13-5-7）。这是与其解剖和功能基础结构的健康和正常，即与下颌骨及颞下颌关节结构正常和周围肌肉的健康的协调分不开的。临床上，理想正常殆的正常功能咬合关系表现为：①下颌姿势位（息止殆位）稳定、息止殆间隙呈前大后小、尖向后的三角形，尖牙间间隙约为 2～3mm，平均为 1.7mm。②牙尖交错位（ICP）与下颌后退接触位（RCP）一致或接近（长正中在 0.5～1mm 内）。③牙尖交错位（ICP）与肌接触位（MCP）一致，且不偏离中线。④下颌张闭口运动正常。无偏摆、偏斜、最大张口时，切牙间距约为本人三横指。⑤下颌前伸运动时，中线两侧接触点对称、后牙无殆干扰。⑥侧向运动时，非工作侧无殆干扰。

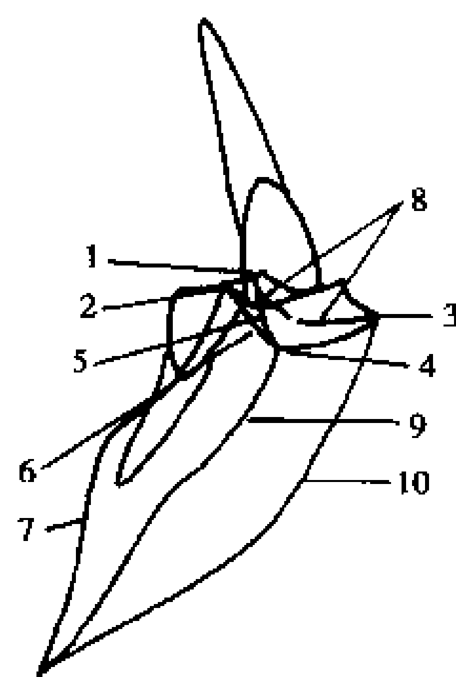


图 13-5-7　理想正常殆的下颌运动径
1. 牙尖嵌合位　2. 最后咬合位　3. 最前方咬合位　4. 最侧方咬合位　5. 侧方滑走位　6. 后退侧方滑走位　7. 最后方开闭口位　8. 向前滑走位　9. 侧方开闭口位　10. 最前方开闭口位

三、正畸学中软、硬组织关系的审美

以牙为中心的“正常殆”概念是正畸学审美的基础，但现代正畸学不仅关注牙及牙槽弓的矫正，

而且越来越认识到基骨结构（颅骨及颌骨）及表面结构（软组织）对正畸诊断、治疗及预后，特别是对颜面最终美学效果的影响和重要作用。尽管，在正畸临床中，病人是较少关心骨改变或X照片上显示的牙角度，患者关心的是能否获得一排列整齐的牙列、改善的唇形、唇齿的和谐和鼻唇颏的匀称协调，即关心颜面整体容貌的改善。但是，正畸医师更关心的是对上述形貌的评价有一可供参考的审美标准和依据。由于时代及技术发展的局限，早期的正畸学者们对颜面软、硬组织的估计尚无定量和可利用的方法，因而仅仅是依靠艺术家们创造的一些艺术雕像的面形及培养个人观察力来确定颜面的审美。例如著名正畸学之父 Angle 提供的颜面审美标准为希腊阿波罗神（Apollo Belvedeve）塑像的颜面（图 13-5-8）。同时，Angle 将取自 Broomell 的一个 Old Glory 头颅标本上的牙咬合用来作为理想的正常殆标准（图 23-1-1），认为将牙齿全部安放进“正常咬合”中就能产生理想的美学效果。现在看来，这些都很粗浅、不完善并带有很大的主观性和局限性。例如，人们不久就注意到了已保留全部牙齿排齐的“正常咬合”病人面形并不美丽。此外，一位正畸学者 Wilson 通过他的分析证明，希腊雕像的人面都表现出面下 1/3 后缩，侧面鼻额呈一条直线，绝对对称，颏唇沟深等诸多问题，因而认为用此衡量颜面美是谬误的。



图 13-5-8 梵蒂冈博物馆的阿波罗神头像侧面。显示鼻根、鼻下、颏在一条垂线上、上唇短、颏唇沟深

与 Angle 同时代的正畸学家 Case 也很注意颜面审美。他采用了石膏面模法显示错殆的形貌及正畸后的颜面改善效果。在治疗双颌前突的病例中。他提议拔牙，在这点上他不同于 Angle。他认为 Angle 所得到的是损害了侧面以保存所有牙齿的正常咬合。Case 也提出了侧面观察训练，尽管在当时他也推崇古希腊雕像的面像为理想面。但同时也说明，早期的这些正畸学先辈们已意识到了软硬组织面形审美的重要性。

人的认识进步是与科学技术的进步分不开的，定量化的客观评价颜面软硬组织结构，并建立人面正常及最佳结构的数学及量化标准得益于 20 世纪初期流行的人类学活体计测技术，以及稍后发现的照相技术及X线头影测量技术。

1927 年 Helman 开始将人类学有关的活体计测方法应用于正畸学中颜面变化的测量以取代笨拙的石膏面模法，并为建立面高、宽、深度的正常观察标准，作了开创性的工作。

以后，随着照相技术的出现，一些正畸学者如 Dreyfus、Korkhous、Simon 等开始用侧面照片上的一些点、线来评估侧面形态特征。Dreyfus(1933)引出了一条从侧面照片软组织鼻根点垂直于 Frankfurt 平面的垂线 Pn，并用此评价侧面的改变。Simon（1926）提出了用互相垂直的三平面：面横平面、正中矢状平面、眶平面研究牙面关系的必要性。并以此提出了著名的 Simon 错殆分类法。为了便于分类，Simon 建议以与三平面的关系来制作牙列的石膏模型，即现在的颌态模型（图 13-5-9A，B）。并且 Simon 还建议用标准侧面照片上的相应引线，即由耳屏点、眶下点、颏点、下颌角点所构成的不规则四边形（图 13-5-10）以补充评价口角及下颌的前后位置畸形。Simon 测量发现，正常殆的头骨中，约有 80% 的人类眶平面与上尖牙的牙尖、下尖牙远中牙尖角、口角及颏点在同一平面上（即所谓的尖牙规律），现在看来这是不完全的。

正畸学最大的进步之一应是X线头影测量方法的引入和应用。该方法是 1931 年分别由美国的 Broadbent 和德国的 Hofrath 创立的。经过半个多世纪的发展，现已成为正畸医师进行临床诊断、治疗设计及术后预测对比的常规方法。由于X线定位头颅片能清晰地显示颅骨、颌骨、牙-牙槽骨及软组织形态、厚度及相互毗邻和结构关系。现已成为目前正畸审美的重要评价手段和方法。现代定位X线头测量分析，包括侧位片、正位片、颏顶位片测量分析。但由于侧面更能反映正畸中硬软组织的矢向及垂直方向的改变，并且也是临床正畸医生更注重和关心的问题，所以在三种头位片中，侧位片的分析法最常使用且方法最多。

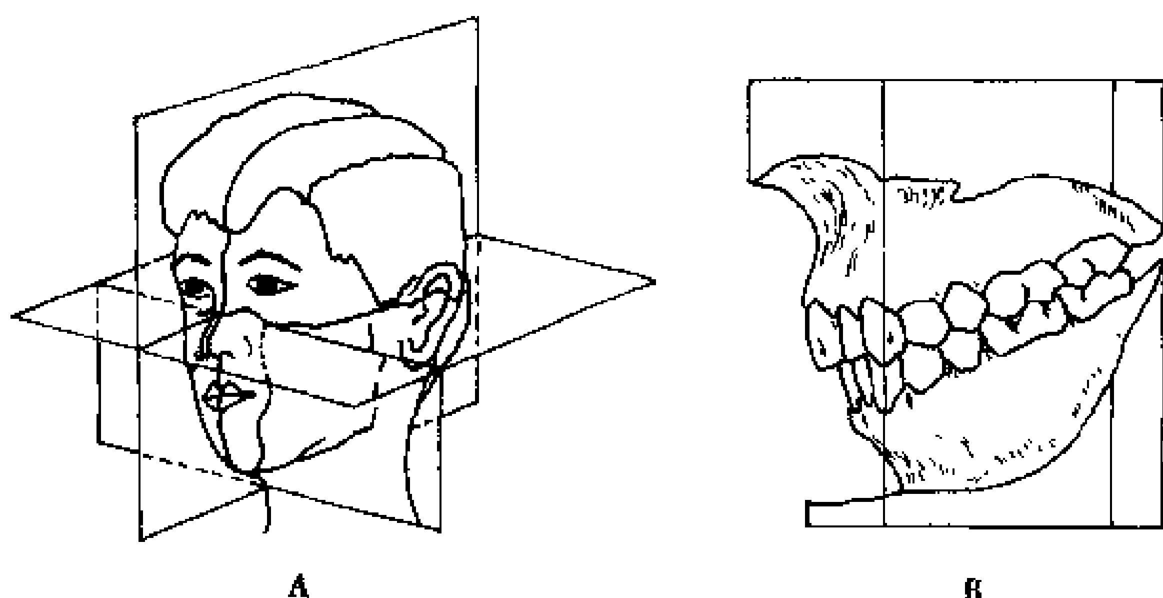


图 13-5-9 A. Simon 三平面 B. 颌态模型

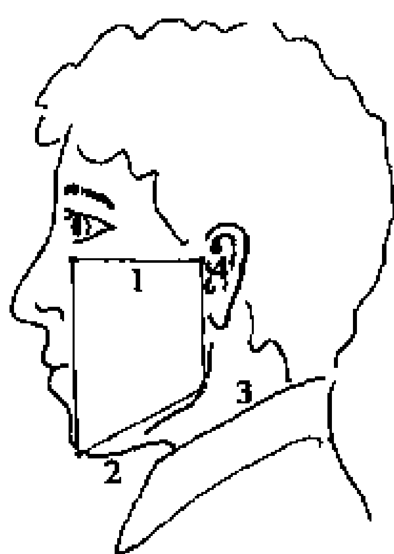


图 13-5-10 Simon 不规则四边形图

定位X线头影测量分析法的最大优点在于能在不同时间进行同一条件下的摄片以获得可重叠对比的资料。此外，可通过定位X线头位片影像描图，将人的颅面各结构抽象成平面几何图形，用数学的方法定量估计颌面的形态和变异。这就为正畸学诊断畸形及进行硬、软组织的审美确定了一种客观的计量的可参照对比的“医学美”的评价方法。

据不完全统计，目前仅就运用最多的侧位片的分析方法就已达百种以上。这些方法大致可分为线距分析法、角度分析法、比例分析法及综合分析法。而正畸学从审美的角度，利用X线头影测量方法进行有关颜面美学的研究中，由于学者们各自的出发点不同，确定的标准不同，又可归纳为以下几类：

1. 以正常𬌗为标准的均值审美概念 在近半个多世纪以来，很大一部分著名学者，如 Downs、Wilie、Steiner、Ricketts 等以及我国绝大多数学者们的研究都将注意力集中到颌面骨骼型的研究。他们均主要依据具有优秀咬合(即正常𬌗)的正常人为选择对象，在X线头侧位片上确定出不同人种的硬组织及软组织、角、线、比例的平均标准，用以指导正畸。据1937—1969年间仅在美国正牙杂志上发表的有关文章统计，以及笔者对80年代以来国外有关文章的统计，约占80%以上的论文，绝大多数都是首先或主要着重于选择正常咬合对象来确定正畸均值标准的。这些文章的另一特点是主要对骨牙组织进行研究，对软组织涉及尚少。尽管研究者都没有明确提及这是骨面审美的标准，但在客观上，它指导了一代人对正畸颜面审美上的观念及追求范围，即局限于以正常𬌗为标准的骨面审美。

2. 以下切牙位置为标准的颜面审美 以著名正畸学家 Tweed 为代表。Tweed 很注意外貌，他提出正畸治疗的目标为：颜貌的均衡协调，治疗后牙弓的稳定，牙周的健康及口腔功能的恢复。在对颜面美学方面的研究中，他通过对未经正畸治疗和正畸治疗后，咬合及侧貌良好的两组患者X线头影测量对比研究，发现下切牙长轴与下颌平面的倾斜角为90°±5°时侧貌最为理想。从而提出颜面美与下切牙有关，而不是 Angle 提出的与上切牙有关。并提出了著名的 Tweed 三角分析法（图 13-5-11）。但也有学者不同意此观点。如 Wylie 和 Johuson。他们曾借用了原 Tweed 分析的29张连续X片进行了4种相关系数及相关因素分析，特别是软组织颌凸角及下切牙分析，发现 Tweed 关于下中切牙影响面容的论断是不全面的，认为 Tweed 忽视了此期下颌的生长因素。但目前在临床中，下中切牙倾斜角在颜面审美中的重要作用，仍为多数临床医生所接受和赞同。据统计，中国正常𬌗人的下中切牙下颌平面角约为95°±5°。

3. 以个体的颅、颌侧面硬组织基础圆弧比例为判断基础的颜面审美。

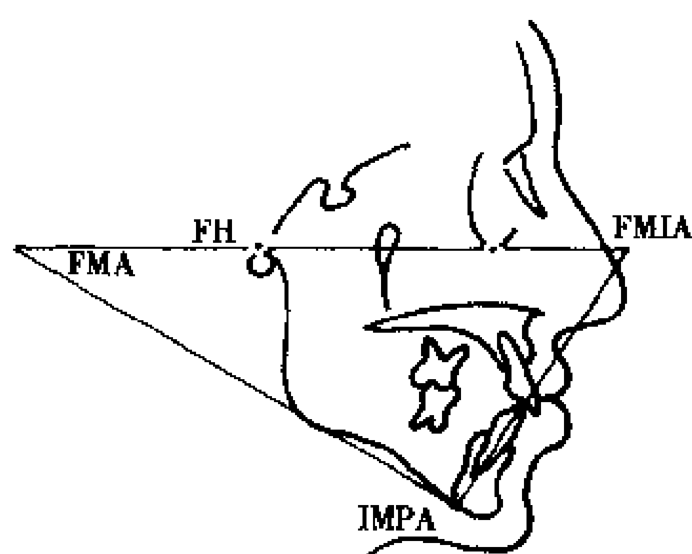


图 13-5-11 Tweed 三角

该分析以 Sassanni 法为代表。他通过对 100 名具有匀称面型（well-proportioned face）及正常咬合白种人的研究认为，对于理想的颅面结构，其侧面 X 线片上的颅、上颌、下颌骨的上、中、下典型标志点间具有以下的标准关系（图 13-5-12）：

（1）平面间关系：前颅基平面、腭平面、殆平面及下颌平面应相聚于一点"O"；其中前颅基平面与腭平面的交角等于腭平面与下颌平面的交角，并且此角不随生长变化而变化。

（2）前后长度关系：下颌体（Go-Pog）长度约等于颅底（Sp-N）长度；以 O 点为圆心，下颌体与颅底从后至前呈扇形展开。扇形中的侧面前、正、后骨结构间有如下对应关系：

前弧：以 O 为圆心，通过鼻根点（N）所画的前弧弓应同时切过前鼻棘点（ANS）、上中切牙切缘点（UI）及颏前点（Pog）。

基底弧：以 O 为圆心，通过上牙槽座点（A）所画的基底弧弓应正穿过下齿槽座点（B）。

中面弧：以 O 为圆心，通过颞点（Te，即筛骨线与上颌颧颞线的交点）所画的中面弧应切过上第一恒磨牙$\underline{6}$ 近中邻面。

后弧：以 O 为圆心，通过蝶鞍最后点（Sp）所画的后弧应穿过下颌角点（Go）。

（3）垂直高度关系：

前垂直弧：以前鼻棘点（ANS）为圆心，该点至眶顶（Sor supraorbitale）为半径所作的上下弧线应切过颏下点（Me）。即前上下弧所示的前上面高约等于前下面高。但 12 岁时下面高约长 5mm。成人时约大 10mm。

后垂直弧：以后鼻棘点（PNS）为圆心。该点至后弧与前颅基平面（OS′）的交点（K）为半径所作的上下弧线应穿过下颌角点（Go）。即后上下弧所示的后上面高约等于后下面高。

（4）牙轴关系：

上颌牙轴：$\underline{6}$ 牙轴与$\underline{1}$ 牙轴与殆平面相交于 M 点及 I 点。其上延线与腭平面分别相交于 M′点及 I′点。继而两轴线向上相交于 X 点。再向上延与颅基平面分别相交于 M″点及 I″。此时所形成的三角形 I″XM″相似于三角形 MXI。即 I″角 = M 角。且三角形 XM′I′中 M′角 = I′角 + 10°。

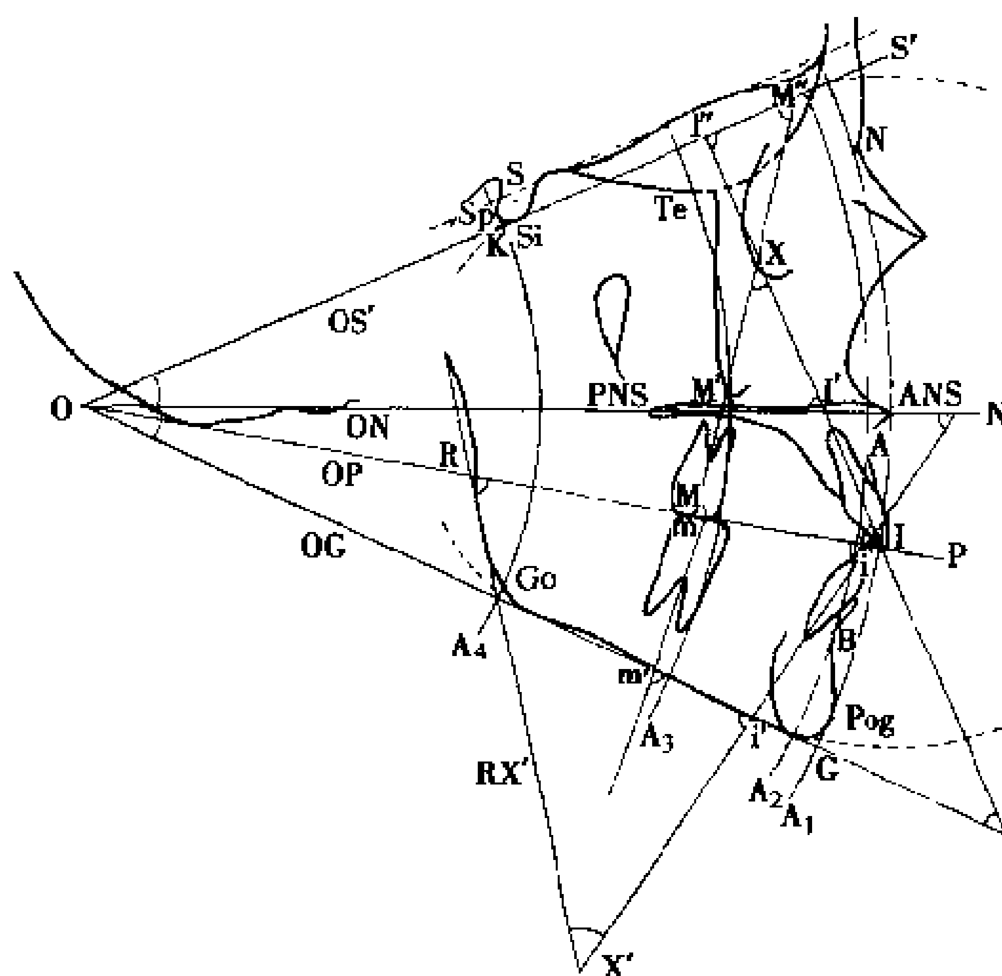


图 13-5-12 Sassanni 骨侧面比例

下颌牙轴：$\overline{1}$牙轴线与下颌支后切线在𬌗平面上分别相交于 i 点及 R 点，向下交汇于 X′点。所构成的三角形 RX′i 为等腰三角形：R 角 = i 角；$\overline{6}$轴和$\overline{1}$轴的下延线分别与下颌平面相交于 m′点，及 i′点。它们与下颌平面所形成的下角相关。即 m′角 = i′角 + 5°；$\overline{7}$的牙轴线平行于$\overline{1}$的牙轴线（$\overline{7}$//$\overline{1}$）；此外$\overline{1}$轴的上延线与腭平面相交所构成内下角（iNI′）等于$\underline{1}$轴与𬌗平面相交所构成的内上角（OII′）。即下切牙对腭平面的轴倾度与上切牙对𬌗平面的轴倾度相等。

4. 以艺术家及公众对外貌的判断，探索正畸审美标准。

也有一些正畸学者，在探索颜面审美标准的 X 线头测量研究中，并不以正常𬌗为主要选择标准。也不是主要关注颅面硬组织的关系。而是以艺术家及公众评判的面美为标准来探讨咬合、硬组织，特别是在对颜面美学方面的研究中软组织的标准数值关系。

如 1957 年 Riedel 根据西雅图市选美竞胜者为对象，计测了其硬软组织的变化。1970 年 Peck 选取了 52 名演员及选美竞胜者，进行软硬组织分析。Burstone 计测了由艺术家从 100 多个美好颜面中选出的 40 名对象，以寻求软组织的平均标准。我国学者王兴（1991）、赵碧容（1994）等也选择了美貌人群为对象进行了有关审美标准的计测研究。这些研究，为探讨不同地区、不同人种美好颜面的软硬组织关系及软组织形态、厚度和位置特征提供了可供参考的平均值数据。

5. X 线头影测量中的现代常用审美研究选取标准。

目前，国内外运用 X 线头影测量方法进行有关硬软组织关系正常标准的正畸和正颌外科计测研究中对被研究对象的选取，大多兼顾了软组织面（美好容貌）、骨（良好的骨关系）及牙（个别正常𬌗）三方面的因素，即包括了牙测量、骨测量及软组织三个方面的计测评估。综合其研究对象的选取参考标准为：

骨面

（1）五官端正，眼、鼻、唇、颜、左右对称；

（2）侧貌轮廓协调；

（3）唇能自然闭合，微笑时无牙龈外露；

（4）颏唇沟清晰、适度；

（5）颧颊部及腮腺区无异常肥大、隆起和凹陷；

（6）颜面无皮肤疾患；

（7）无美容及成形外科治疗史。

牙𬌗

（1）牙列整齐、中线居中、左右对称；

（2）前牙覆𬌗、覆盖关系正常；

（3）尖牙及第一恒磨牙为中性关系；

（4）开口度及开口型正常；

（5）双侧颞颌关节无疼痛、弹响史及症状；

（6）咬合功能无异常、功能运动无干扰；

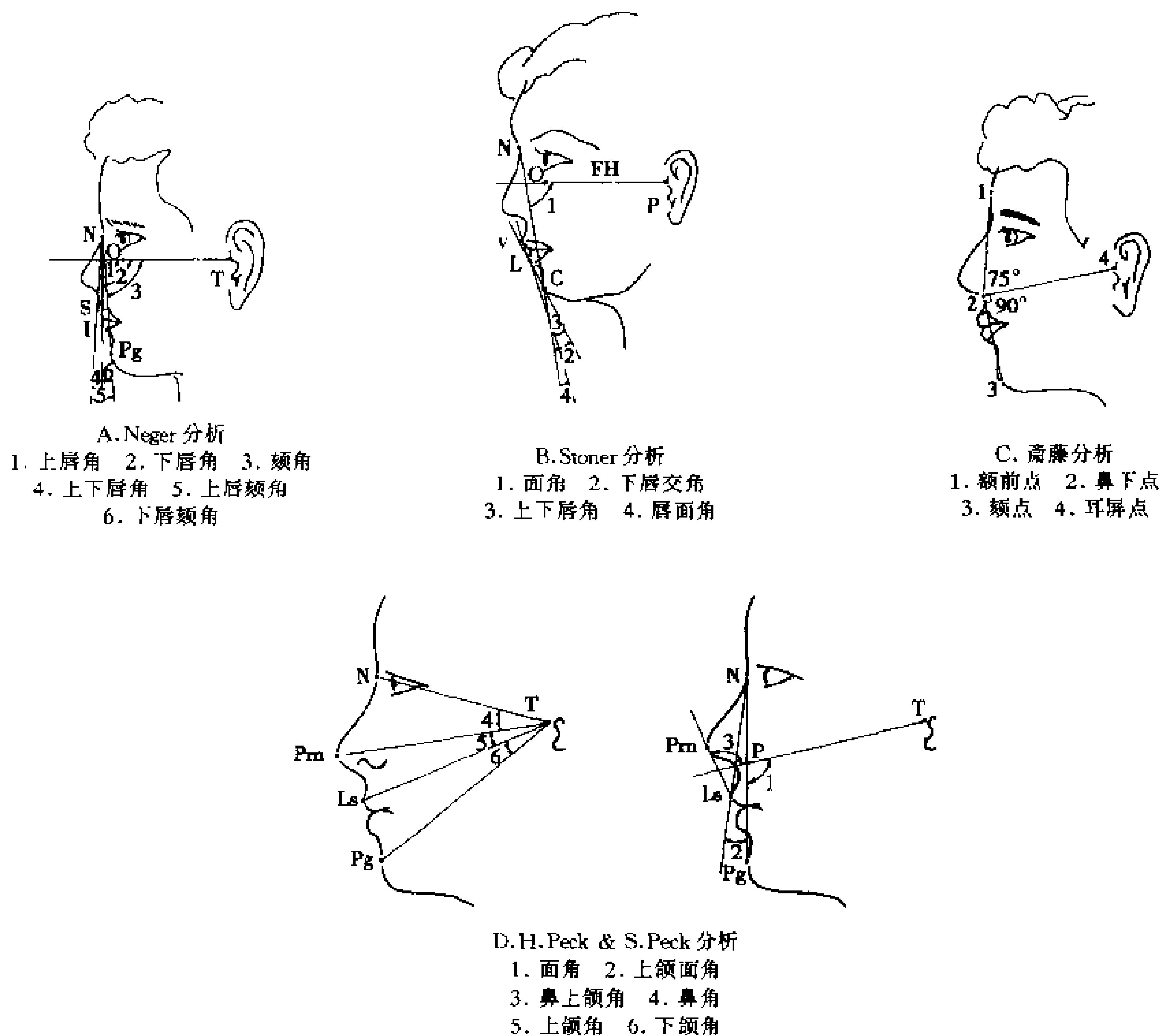
（7）无正畸治疗史。

四、正畸常用的颜面审美方法

面部观察、像片分析及 X 线头影测量分析是目前临床中正畸医生最常使用的颜面审美方法。由于正畸力的作用主要表现为面下 1/3 的改变，并且许多牙-面畸形以及治疗改变在空间表现上侧面变化更明显，因此多数正畸临床家都把研究重点集中于鼻、唇、颏三部分及侧面分析上。鉴于对有关颜面对称、比例、唇形等正侧貌的面部观察评价方法如“三停五眼”、“$\sqrt{2}$规律”、“面高比的黄金律”等，在其他章节已有详细介绍，故本节仅从正畸学检查的角度，着重介绍有关正畸临床实用的几种侧面审美分析方法。

1. 像片分析方法　用于颜面分析的像片应在标准条件下拍摄。拍摄时病人应端坐，两眼平视前方，头部与 FH 面平行，习惯性咬合，口唇及神经肌肉自然放松。摄正位像时相机应严格定距离和定位，置于眶耳平面水平正对面中线，摄侧位片时应正对耳屏，耳部不被覆盖。为了便于全面评价颜面的形态特征，除上述正、侧位像外，常增摄正位或半侧位微笑像。

（1）侧面像片定点分析法（图 13-5-13A，B，C，D）：与前述 Simon 的侧面像片计测相似该类方法均在侧位定位像片上确定出几个典型的标志点。然后通过各标志点间连线所构成的角度以评价侧面鼻、唇、颏的相互关系。在侧位片上审美的定位观察基线使用最多的是眶耳平面及面平面——例如 Neger（1959）选择了 48 名优秀咬合、侧貌美好的白种少年儿童在侧面定位像片上确定了六个标志点：鼻根点（N），眶点（O），耳点（T），上唇点



A. Neger 分析
1. 上唇角 2. 下唇角 3. 颏角
4. 上下唇角 5. 上唇颏角
6. 下唇颏角

B. Stoner 分析
1. 面角 2. 下唇交角
3. 上下唇角 4. 唇面角

C. 斎藤分析
1. 额前点 2. 鼻下点
3. 颏点 4. 耳屏点

D. H. Peck & S. Peck 分析
1. 面角 2. 上颌面角
3. 鼻上颌角 4. 鼻角
5. 上颌角 6. 下颌角

图 13-5-13 侧面像片分析法

(S)，下唇点（I）及颏点（Pg）。以眶耳平面（OT连线）为基线分别计测鼻根点与上唇点、下唇点、颏点连线与OT平面的内下交角以及各线间夹角共六个角度值，来评价正常殆及畸型病人的软组织侧面的形态特征。Stoner（1955）选择了50例具有平衡、协调的美好面型组及正畸治疗组的病人定位侧位像片。在其上确定出鼻根点（N）上唇最突点（v）、下唇最突变点（L）及颏前点（C），以及眶下缘点（O）和耳点（P）。以眶耳平面及面平面为基线分别计测了面角（OP-NC）、下唇交角（NC-LC）、上下唇角（UL-CL）及唇面角（UL-NC）的均值变化。并得出了优秀侧面（excellent profile）个体的上述各角的均值。认为这些均值对治疗前后的审美评价有参考意义。此外，斎藤（1965）采用了耳鼻线（耳屏-鼻下点连线）作为基准平面，分别从鼻下点向上75°及向下90°作上、下两引线，据他的观察统计，12岁左右日本儿童的正常侧貌为：上引线切过额点、下引线通过颏点。H. Peck及S. Peck（1970）选择了52名具有美貌面容的年轻白种人侧面照片进行计测分析，采用了耳屏点（T）与面平面（N-Pog）的中点（P）的连线作为定位平面。据他们研究，随面部的生长，软组织耳屏向下向后移位，面侧面向下向前移位，但TP与SN平面的夹角基本不变，因面选用TP作为像片分析的基准平面。在侧面像片测量中，他所设计的六项角度及均值标准（美好面形者）如下：

面角：102.5°±2.7°
上颌面角：5.9°±1.7°
鼻上颌角：106.1°±3.9°
鼻角（鼻高）：23.3°
上颌角（上颌高）：14.1°
下颌角（下颌高）：17.1°

（2）颌骨侧面区观察法：该法在欧洲较为流行，为奥地利正畸学家 Schwarz 所倡导。他建议从侧面相片上的软组织鼻根点 n 引出一条垂直于法兰克福水平面（Frankfurt horizontal plane FH）的垂线 Pn。又称 Dreyfus 线（最早由 Dreyfus 提出）。同时，从眶下缘点 Or（该点位于瞳孔下方，当眼放松，眼平视前方时，该点至瞳孔距约与上下眼睑间高度相等）引出一条平行于 Pn 的垂线 Po。两垂线间的空间，称为颌骨侧面区（Jaw Profile Field，即 JPF）该区宽度儿童约为 13～14mm，成人为 15～17mm。Schwarz 采用该侧面区评价颌骨的前后位及倾斜位对侧面审美的影响，将可接受（无错殆）侧面型分为 9 型（图 13-5-14）。发现直颌型侧面（无论是均面、前突面或后缩面）总的看起来都很和谐，而理想的最佳侧面型为：直均面（或称生物统计学的平均面）。其软组织颏前点（Pog）位于 JPF 中央，软组织颏下点（Me′）约在眶垂线上，鼻底点（Sn）在 Pn 线上。而倾斜侧面，由于软组织鼻底点与颏点在前后位置上存在较大的差异，从而破坏了侧面的和谐。

（3）侧面型估计法：该法用于评估面型的差异。采用侧面外轮廓线上两条参考线间的倾角，即：①额和上唇前缘的连线；②上唇前缘和软组织颏前点的连线，两条线间的后交角作为基础指标，评价面型。根据这两条线的后交角关系，可分出三种侧面：直面型：两条线几乎连成一条线（交角为 180°），凸面型（交角小于 180°）和凹面型（交角大于 180°）。直面型最合意、美观，凸面型常与Ⅱ类错殆相关，凹面型与Ⅲ类错殆相关（图 13-5-15）。

（4）正面像片分析：正面像片常采用唇松弛位的正位全像及微笑位的口唇局部像两种位置定位拍摄。前者用于面对称性分析，拍照时照相机应正对面中线与眶平面平行。后者用于评估唇的动态位，照相机应正对口齿部中央。

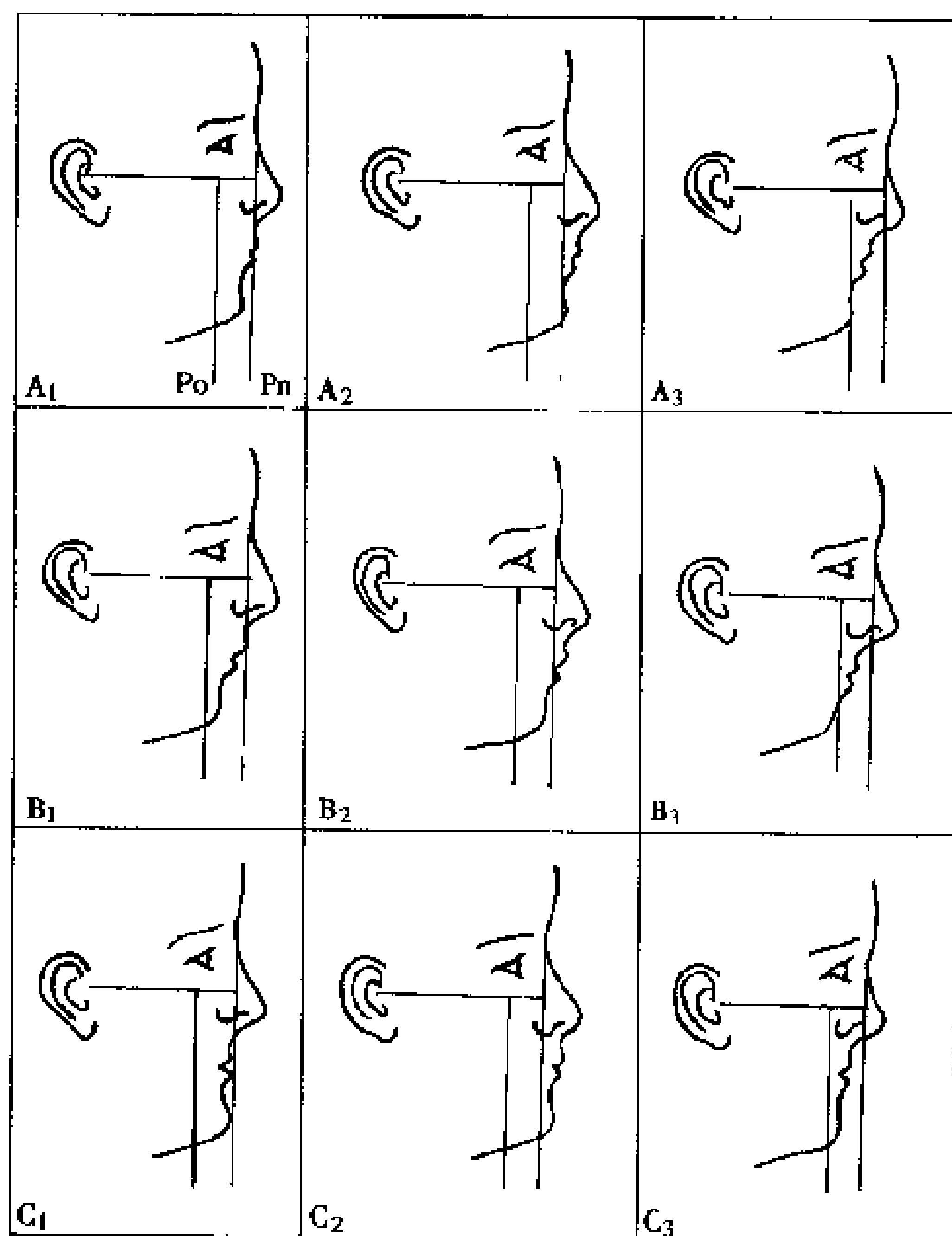


图 13-5-14　Schwarz 侧面分型
A. 直面型　B. 后倾面型　C. 前倾面型
A1、B1、C1 为各型的均面型，显示
Sn 点在 Pn 线上，Pog 点在 JPF 内

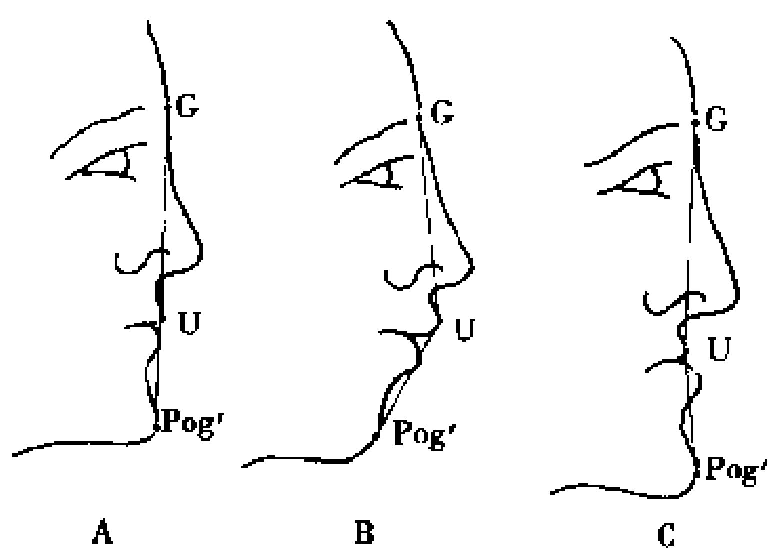


图 13-5-15 用上唇评价软组织侧面型的方法采用额前点 G、上唇峰点 U 及颏前点连线所构成的后角评价
A. 直面型 B. 凸面型 C. 凹面型

正面像片对分析面高，面宽比例和左右对称、协调度十分重要。评估时常采用在两侧眶下点作标记，以左右眶下点连线作为水平基线，以便正中部的鼻根点和鼻下点连线作为正中垂直轴线进行评估（图 13-2-4）。应强调，在对正面像片进行评价时，应承认任何一个普通人的左右面部都存在着细微的差异。据研究，美貌人群的平均非对称率：Q＝（G－K）/G×100%（Q 为非对称率，G 为左右最大差值，K 为左右最小差值）均在 10%以内（北条健三），因此可以说，非对称率在 10%内应属于“对称”范围。颜面的左右非对称率从上向下呈增大趋势：眼平面＜鼻翼平面＜颏唇沟平面，即越是上部结构越更趋于对称。

唇部微笑位像片的分析也是十分有意义的，唇作为仅次于眼的传神、传情器官，在评估人面的生动性及个性中有特别的审美价值。据 Hulsey（1970）对 40 名（20 名正常殆，20 名正牙后）病人拍摄微笑时口周相片，并由 20 名男女评价微笑美感的研究报告，他采用了下述评价指标：

1）微笑线比率：上切牙切缘弯曲度与下唇上缘弯曲度之比。

2）微笑对称比率：是否微笑时口角在唇中线两边对称。

3）颊隙比：微笑时尖牙间距与口角间距之比。

4）上唇高度：微笑时上唇与上中切牙龈缘关系。

5）上唇弯曲度：微笑时上唇珠最下点至口角连线间距。

结果发现：

1）最吸引人的微笑线比率为 1～1.25，即下唇上缘弯曲度与上切牙切缘连线的曲度协调。

2）微笑时左右口形基本对称。

3）微笑满意度与颊隙大小无关。

4）微笑时上唇在龈缘水平最吸引人。

5）微笑时口角线与上唇珠下点平齐最适意。

上述像片分析法的优点是实用、简单方便。但由于拍照时受环境、语言、诱导和照相机放置位置影响较大，同时由于照片上的一些软组织表面标志点个体间变化大（如耳屏点）和难以确定（如眶下点）。因而对计测精确度及评估造成影响。目前，随着数码相机的问世以及像片与 X 线头影测量片的计算机重叠分析的发展，颜面部形态分析审美正迈向更新、更准确、更方便的新的阶段。

2. 定位 X 线头侧位片分析法 在正畸审美分析中由于侧位 X 片上可同时显示软硬组织的形态、厚度及相互位置关系，而且骨性标志点比像片上的表面标志点稳定，易于精确定位，故在临床中应用更广。其方法为，在 X 片上确定出一些稳定、易判读、有代表性的硬、软组织标志点。通过计测这些特征标志点间的线距、角度及计测一些标志点与某些基础参考平面间的线距等来评价其侧貌的特征及变化参见本章第四节，常用方法为如下：

（1）软组织侧面参考线及角：临床上，常选择颏部与鼻部软组织侧面轮廓上的一些特殊标志点构成不同的侧面参考线作为基础平面，以评价面下 1/3 侧貌，特别是唇侧貌的位置变化。因为唇侧貌是一种极重要的面部形态表现，与正畸治疗前后的审美密切相关。常用的侧面参考线包括颏鼻切线和颏唇切线：有 E 线、S 线、T 线（及 T 角）、H 线（及 H 角）、Z 线（及 Z 角）等（图 13-5-16）。

1）E 线（esthetic plane，又称审美平面）：临床中最为常用，系 Ricketts 所倡导。由通过鼻尖点及颏部最凸点的切线构成。以评价上下唇的突度，Ricketts 通过白种人的研究发现：乳牙期上下唇位于该平面左右（下唇在 E 线后方 2mm±3mm）；成人下唇在该线后 4mm。即随年龄增长，鼻和颏的生长，唇将逐渐相对后退。我国学者陈扬熙、于晓惠、王兴、胡林、金宜霖等，也对该线与上下唇间距变化进行了研究，发现中国人唇位较白种人偏前，据统计中国人恒牙初期上下唇在 E 线前者占 76%。而美貌成年人的双唇均位于审美平面后方，上唇相对靠前、下唇相对靠后。

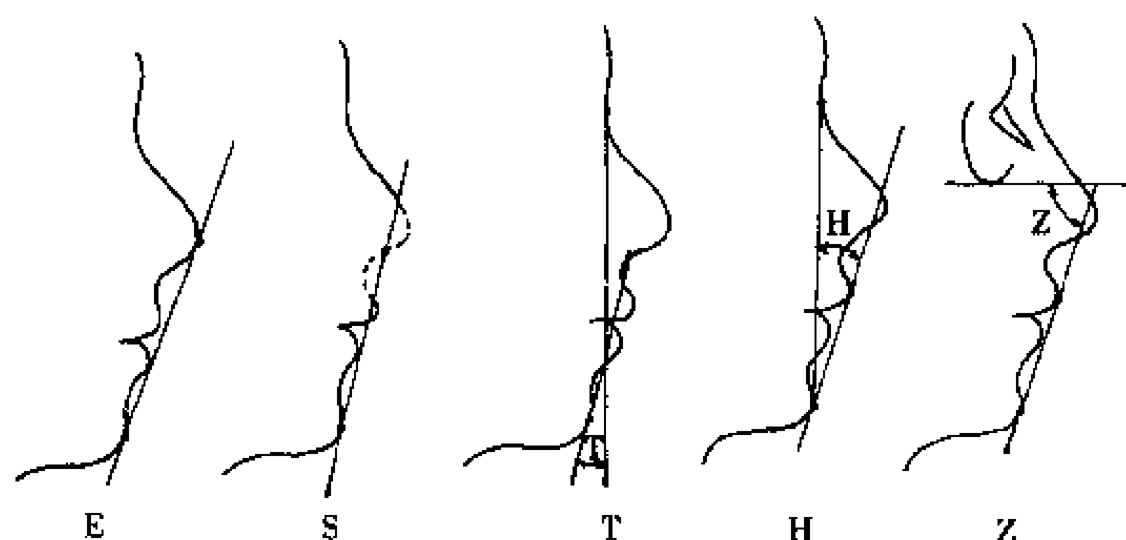


图 13-5-16　侧面软组织参考线
E线（审美平面）、S线、T线及T角、H线及H角、Z角

2）S线（S-line）：系 Steiner 所倡导的一条通过颏部软组织最前突点和鼻S形（鼻突部至上唇的S形）中点的连线，用以评价上唇位置。Steiner 认为理想容貌的S线位置为S线正好切过上下唇最突点。

3）T线及T角（T-line and T Angle）：T线由 Schwarz 提出，在欧洲最常采用，系由软组织鼻底点至颏前点连线构成。按 Schwarz 的观察，当该线切过下唇，并平分上红唇缘突部时，侧面最为均称合意。由T线与鼻根垂线（Pn，即由软组织鼻根点所引的与 FH 平面垂直的垂线）所交的角称为T角。T角大小体现了颏部对鼻面的关系，也确定着侧面颏部的位置。理想侧面型的T角约为10°。一般而言，当T角改变不明显时，侧面和谐度也改变不会很大。但其感观表现有所变化，T角轻度增大可给人以坚毅的感觉（男性适宜）。而轻度减小可给人以温柔感（女性适宜）。

Burstone 同样也采用了以鼻下点至颏前点定义的线，即软组织 Pg-Sn 线以测量唇的水平突度，他的研究显示正常青少年上唇在此线前 3.5mm ± 1.4mm，下唇为 2.2mm ± 1.6mm。

4）H线及H角：系 Holdaway 倡导的软组织颏前与上唇间切线。通过该线与X线头侧位片上各软组织点的关系。可判断软组织侧貌的美观程度。在早期的研究中 Holdaway 曾将H线与硬组织上NB延长线交角命名为H角。指出面型较好者H角与ANB角关系较为恒定。当ANB角为1°～3°，H角为7°～9°时，侧貌理想。以后，Holdaway（1983）又重新更改为将软组织面平面（N′-Pog′）与H线的交角定名为H角。用以评价上唇相对与面前软组织的前突度。据他的研究，对于良好协调的骨面硬软组织个体，H角与侧面突度（A-NPog，即A点至骨面平面间距）相关。当骨突度增大时，H角也同率增大；当骨突度（A-NPog）为 -3～4mm，H角为7°～14°时侧貌最为协调。

5）Z角（Z-Angle）：由 Merrifield 所倡导。系由软组织颏前点至最前突唇（上唇或下唇）上最前点间切线与眶耳平面所构成的内下交角。Merrifield 认为该线是对H线的改进，可更好地代表前突程度。理想侧貌时，该线应切过上唇，而下唇可能与此线正切或在该线微后。白种儿童Z角为78.5°±5°（11～15岁），成人为80°±5°时，能获得最佳的美学效果。

6）面垂线：有的学者不仅局限与鼻、唇、颏部进行引线观察，而把眼光延伸至整个额、鼻面上中部，设计通过软组织额点（G）、鼻根点（n）及鼻底点（Sn）垂直于 FH 平面所引出的垂线来观察唇、颏部的变化。例如 Fawrrow 从额点引出垂直于 FH 平面的垂线称为G点垂线。以上、下唇最前突点至此线的水平距作为评估唇部美观的标志，认为白种人为 0.3mm，黑种人为 3.1～6.0mm 时侧貌理想。Spradley 从 500 名标志正常𬌗及面型的青年中筛选出 50 名男女最佳面容者，分别从鼻根点及鼻底点引出垂直于 FH 平面及垂直于真性水平面（true horizontal）共四条垂直参考线，计测了上唇沟、上唇突、下唇突、颏唇沟、颏前点至四线的水平距（图 13-5-17），发现从鼻底点所引出的垂直于真性水平面的垂线，具有最小的标准差，建议采用该垂线作为评价唇位的参考线。他的研究显示具有美好面型的女性，颏突度与男性相似。而与其他学者研究认为男性的颏更突似不一致。作者认为这可能系女性较男性唇区更突、上下唇沟更浅，在视觉

J.的差异所至。

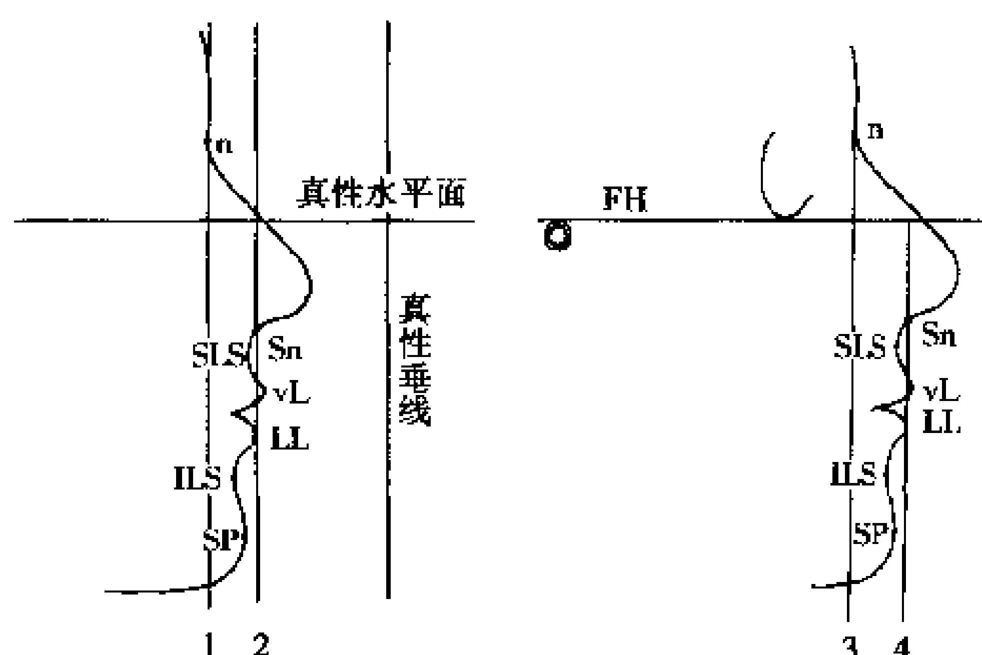


图 13-5-17 Spradley 垂直参考线
1、2. 为通过鼻根点及鼻底点垂直于真性水平面的计测参考线 3、4. 为通过鼻根点及鼻底点垂直于FH平面的计测参考线

（2）软组织侧面角：由头侧位X片的软组织轮廓线上各典型标志点所构成的侧面角，是评价侧貌面型、矫治变化及审美的重要参考依据。最常用的有侧面突角、鼻唇角、颏唇沟角、颏颈角。

1）侧面突角（图 13-5-18）：在评价软组织侧面突度中，常用的侧面突角有三类：①硬组织颌突角（N-A-Pog）；②软组织面突角（N′-Sn-Pog′）又称面型角；③鼻突角（N′-Prn-Pog′）。颌突角最早由Downs所倡导，主要显示其面部上、中、下侧面骨结构的矢向突度关系。面型角主要涉及不包括鼻在内的侧面软组织面型，鼻突角包括了鼻的变化。据Subtelny 1959年对30名3个月～18岁对象所作的一系列头影测量纵向研究显示，随年龄增长，侧面硬组织颌突角的变化逐年增大约17°（女）至19°（男）。而软组织面突角增加平均不超过4°左右。鼻突角则平均减小为10°左右。提示尽

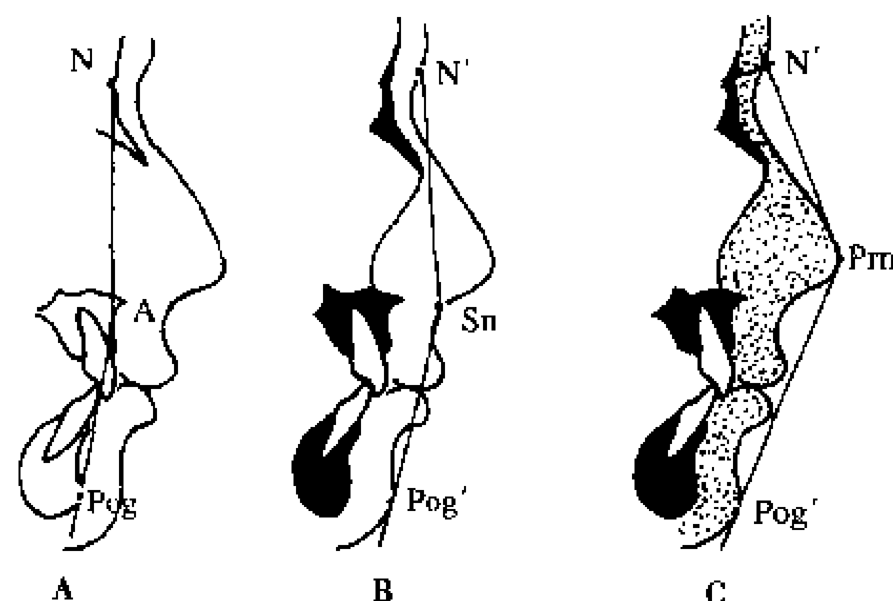


图 13-5-18 三种侧面突角
A. 颌突角 B. 面型角 C. 鼻面角

管硬组织的变化趋向于使侧面变直。但由于软组织（包括鼻底厚度及鼻高度）的增厚、增长代偿，趋向于使侧面变突，从而使总侧面面型保持基本稳定。据国内学者陈扬熙、于晓惠、王兴、胡林的研究，中国正常𬌗及美貌人群的硬组织颌突角平均约为165°左右，软组织面突角约为170°左右。

2）鼻唇角：鼻唇角为鼻下缘与上唇前缘间交角，常用于评估侧面唇位及上牙的突度及变化。对鼻唇角的定点及构成，不同学者所采用的方法不同，但临床中最常采用的是从鼻底点Sn分别向鼻轮廓线下缘及上唇外轮廓线前缘所引切线间的夹角来定义该角（图 13-5-19）。鼻唇角是临床上最易观察判断的重要指标，可用此判断上唇是否前突，并以此来决定设计（如拔牙、牵引）及评估预后和审美。例如Ⅱ类1分类病人。如果在治疗前，鼻唇角锐，拔牙治疗后，随前牙内收上唇后移，将使鼻唇角增大，原前突唇形可得到改善。但如果治疗前，鼻唇角大，当上前牙内收，上唇后移后将可能达畸形程度，甚至可造成上唇内陷的“正畸面容”（orthodontic look）这一点在临床中应特别注意。据国外学者对正常𬌗人群的研究，由判断标志不同，鼻唇角均值大小各有差异。Owen认为正常值为105°，Schideman的正常均值为110°。Arnett认为该角在85°～105°范围内侧貌理想。据我国学者的研究，中国正常𬌗人及美貌人群的鼻唇角，较白种人小。均值约在95°～100°之间。男性鼻唇角略大于女性。这是与人种的差异有关。

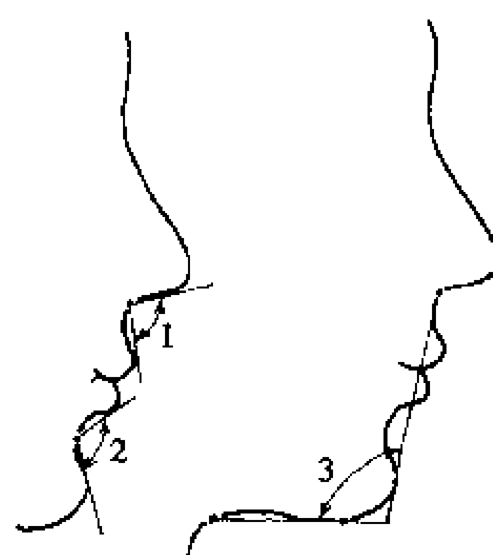


图 13-5-19 侧面下份角度计测
1. 鼻唇角 2. 颏唇沟角 3. 颏颈角

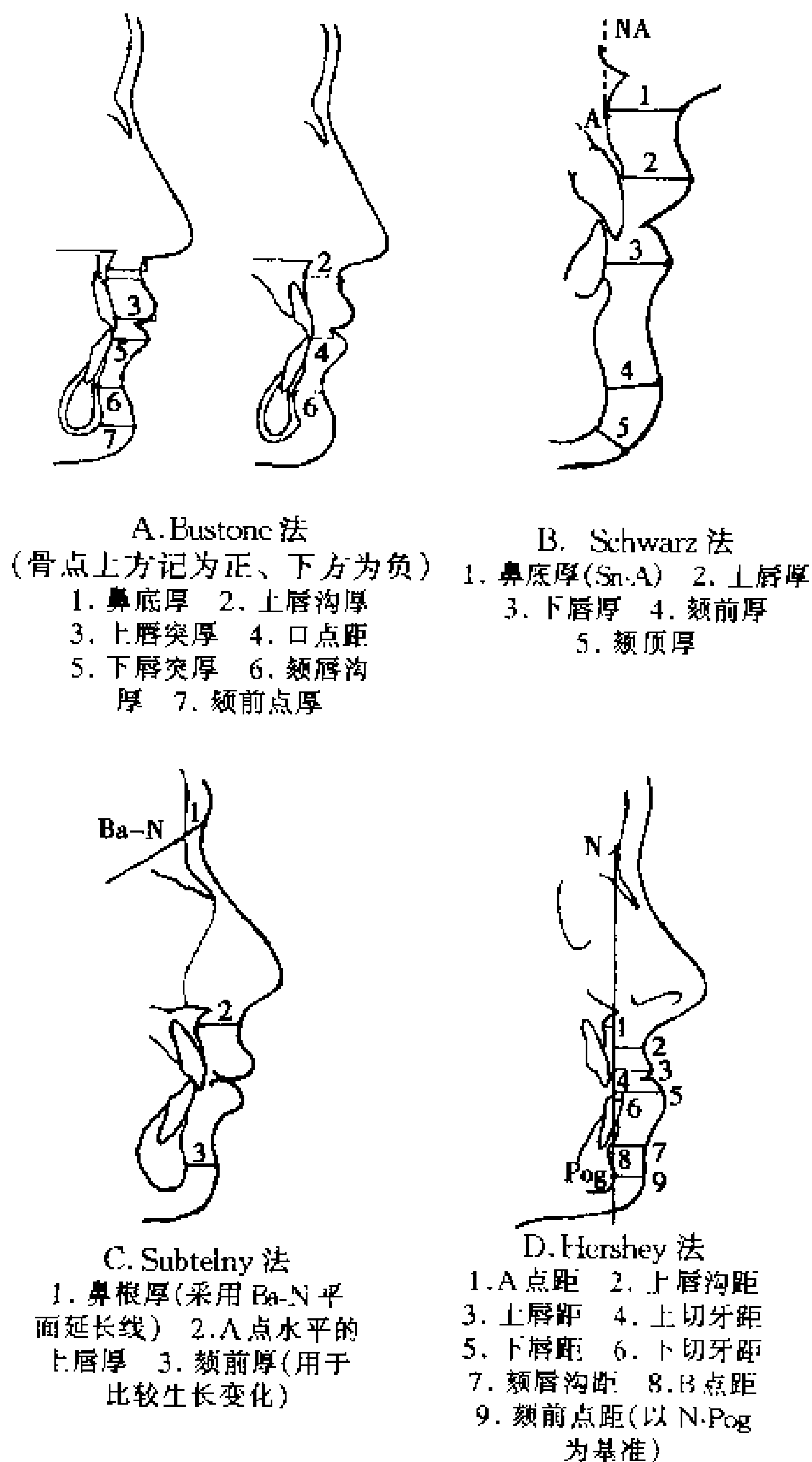
3）颏唇沟角（图 13-5-19）：系由颏唇沟最凹点，分别向下唇软组织外轮廓前缘及颏部软组织外轮廓前缘所作切线所构成的夹角。该角可辅助判断面下比例。颏形态发育及下唇的形态及紧张度。例

如Ⅱ度2分类深覆𬌗病人，由于面下高度不足可造成下唇外翻、颏唇沟深、颏唇沟角变锐。而对于下颌支不足、下颌后旋的病人可造成颏唇沟角变钝，颏形不明显。

一般而言白种人由于颏发育较中国人明显，故颏唇沟角较锐。据研究中国正常𬌗人的颏唇沟角随年龄生长逐渐变小，成年美貌人群的颏唇沟角约为130°左右。并且男性较女性稍小，显示男性颏形前突较女性更为明显。

4）颏颈角（图13-5-19）：由鼻底点Sn与软组织颏前点（Pog）连线的延长线与软组织颏下点（Me）与软组织颈点（C）连线的延长线相交所构成的夹角。该角可显示颏部的位置，颏部的发育状态及生长趋势。当颏位后缩、颏发育差、下颌向后下旋转生长时，颏颈角将变大。一个偏大的颏颈角在容貌上是较差的。颏颈角的改善可以通过下颌位置的前移（生长、正畸治疗或外科手术）及颏凸的发育（生长）而改善。中国正常𬌗人的颏颈角随年龄增加和生长发育而略有减小。据北京、成都等地的统计资料，该角的正常值范围约为100°～120°左右。

（3）软组织厚度分析：正畸力主要作用于口腔中的牙及颌骨等硬组织，而软组织组成了人面的覆盖，研究硬软组织的关系，如额、鼻、唇、颏等部位的软组织厚度及其变化，可使单纯从骨侧面或从软组织侧面角度进行的研究有机地统一起来。另一方面，正畸治疗的最终目标之一是希望能得到美好的面型。因此面部软组织厚度变化估计，作为评估最终形态变化，在设计治疗方案时，也是不可缺少的重要因素。近30年来，为了观察侧面软组织覆盖及其与相应骨结构的关系。国外很多著名正畸学者如Burstone、Hershey、Subtelny、Schwarz等分别对正常及治疗前后的欧洲人及北美白人的侧面软组织覆盖进行了计测研究，并设计了各种计测方法（图13-5-20），但结论似乎是有争议的，例如Riedel通过他的分析，强调软组织侧面与相应骨骼侧面结构之间有十分接近的相关关系。而Burstone通过对5例年轻无牙𬌗患者唇形的研究认为唇形是遗传的，唇位与牙齿的前后位置没有关系。在对正常𬌗软组织进行的计测中，研究发现个体之间软组织厚度差异较大。Subtelny通过从3个月到18岁30名对象的纵向研究发现，侧面各部分软组织并不随相应骨组织的改变而发生相似改变。他发现，随年龄增大，软组织增长最小部位是鼻根部，其次是颏部，而最大的是鼻底部。尽管颜面骨骼生长发育逐渐趋向于使面凸度变小。但由于鼻底区软组织的增厚较快，反趋向于面凸度增大，从而使侧面型较为恒定。Ricketts注意了牙移动导致外形的改变，发现当上切牙后移时，上唇增厚。他提供了一个粗略的估计法，即切牙尖每后缩3mm，唇增厚1mm。这些研究提示我们，在进行正畸审美的软组织变化研究中，颜面软硬组织之间的变化是复杂的但又是紧密相关的。



A.Bustone法
（骨点上方记为正、下方为负）
1.鼻底厚　2.上唇沟厚
3.上唇突厚　4.口点距
5.下唇突厚　6.颏唇沟厚　7.颏前点厚

B. Schwarz法
1.鼻底厚(Sn-A)　2.上唇厚
3.下唇厚　4.颏前厚
5.颏顶厚

C. Subtelny法
1.鼻根厚(采用Ba-N平面延长线)　2.A点水平的上唇厚　3.颏前厚(用于比较生长变化)

D.Hershey法
1.A点距　2.上唇沟距
3.上唇距　4.上切牙距
5.下唇距　6.下切牙距
7.颏唇沟距　8.B点距
9.颏前点距(以N-Pog为基准)

图13-5-20　软组织厚度计测

自30年代以后，我国学者也开始重视对软组织与骨组织关系，即软组织厚度变化的研究。据北京、成都、哈尔滨等地的研究资料，证实中国正常

殆人及美貌人群的软组织厚度与白种人不同，具有种族差异、年龄差异和性别差异。一致认为，面下1/3可体现容貌美的个性特征。这些特征应由硬软组织的综合测量分析决定。并一致认为应建立中国人自己的软组织审美标准。中国各地恒牙列初期正常殆人软组织覆盖厚度及唇长的计测研究结果可归纳如表13-5-1：

表13-5-1 中国人侧面软组织覆盖厚度计测表（单位：mm）

	北京		成都		哈尔滨	
	男	女	男	女	男	女
额厚	6.8±1.1	6.2±0.8	6.3±0.9	6.0±0.7		
鼻根部厚	6.5±1.3	5.7±1.2	7.1±0.9	6.6±0.9	6.4±0.7	6.3±0.8
鼻底厚	16.5±1.8	15.0±1.9	14.1±1.6	12.76±1.	13.6±1.6	13.1±1.7
上唇厚	15.5±1.9	13.0±1.6	14.9±2.2	13.0±1.6	14.4±1.5	12.6±1.9
下唇厚	15.9±1.9	13.7±1.5	15.1±1.9	13.8±1.3	14.9±1.5	13.6±1.8
颏前厚	13.4±1.7	13.4±2.1	12.4±1.8	11.9±1.6	11.6±1.9	12.1±1.6
颏顶厚	10.0±1.3	10.3±1.4	9.8±1.8	10.1±2.8	7.5±1.6	7.8±1.5
上唇长	24.4±2.3	22.9±1.7	22.3±2.2	21.2±2.1		
下唇长	18.9±2.5	17.9±2.1				

矫正牙齿和颌骨的畸形，重建牙颌的最好正常关系，改善软组织形貌达到个体特有的最佳审美效果，是正畸医生的职责也是正畸学的宗旨。容貌美一直是正畸学家们致力追求、努力工作的目的，而创造和重建颜面的个性美是与技能、技巧，特别是医师头脑中的审美意识和标准密不可分的。尽管容貌的审美观和标准受时代、社会、民族、经济文化水平等因素影响，但仍具有共性。正畸学家们一直期望给颜面美建立一个客观的、相对稳定的审美标准，并从定量化的角度出发去探索美的形式和表现。目前这一工作已取得了很大的成果，并建立了不同人种、民族和地区的正常殆、正常骨结构以及正常软组织形态比例的标准。而今，这一工作仍在继续深人进行中。在这个基础上，正畸工作者除应当掌握熟悉这些基本方法和标准外，还应不断提高个人的职业审美能力和审美素质。同时也应认识到颜面不仅包括牙、口唇，还涉及鼻、面、眼、发、头形等。尽管后面的审美内容不属于正畸工作的专业范围，本节未作讨论。但我们对此一定要有整体的观察、对比和审视，决不能将眼光仅局限于牙齿，从而缩小了视野和思维。此外，正畸医师还应充分考虑个体的特征，去创造和协调每个个体面部的最好和最匀称的牙面关系。人是有个性的，我们不可能用最美的平均标准“千人一面”地去塑造理想面容，而应尽力去发现和发掘每一个人面容的靓点和个性美，去美化这大千世界人类百花园中芸芸众生的相貌。最后，我们还应认识到正畸治疗对颜面美的影响是有限度的。随着技术的进步和发展，随着正颌外科与正畸的结合。对牙颌及颜面畸形的矫正已有很大革新和进展。但要精确预测正畸骨牙移动中软组织的改变和外形的变化，还需要作大量的艰苦的工作。随着人类认识的进步，技术的改进以及电子计算机信息处理系统的引人，我们相信正畸审美将随时代的进步而更完美。愿我们能一步一步地走近这一天。

（陈扬熙）

第三节 口腔颌面外科学中的审美

在口腔颌面外科的诊治中，从审美角度看，由于牙颌面的手术将会发生人体的容貌变化，因此，研究这些手术对容貌美的影响，实质上也是口腔颌面外科审美的最主要内容。本节将从容貌美有关的基础理论加以论述，以期达到口腔颌面外科中所需熟悉和掌握的审美知识和规律，为进一步提高口腔颌面外科审美打下基础，同时对影响面容较大的各类手术分别按：牙-牙槽美容外科与颌面整形美容外科两部分加以论述。

一、容貌美的解剖基础

（一）面型及面部主要标志

1. 面型 有关正面面型各民族、各国有不同

的分类方法。我国将面型分为8种形态：田字形，扁方而短；由字形，上削下方；用字形，额方颌宽扁；风字形，腮大颏圆宽；目字形，面长而宽；甲字形，上方下削；申字形，上削下尖；国字形，方面短（图13-2-2）。

根据波契（Poch）分类法，则将面型分为10种形态：椭圆形、卵圆形、倒卵圆形、圆形、方形、长方形、菱形、梯形、倒梯形、五角形（图13-2-1）。

上述的面型是根据头面部各器官不同的长度比例关系而划分的，在临床上可通过整形或正颌外科手术改变面部外形。

2. 面部重要标志　根据解剖学特点并结合临床应用需要，可将面部分为以下各区：眶下区、颧区、鼻区、唇区、颏区、颊区、腮腺咬肌区及面侧深区。面部有许多临床常用的解剖标志(图13-5-21)。

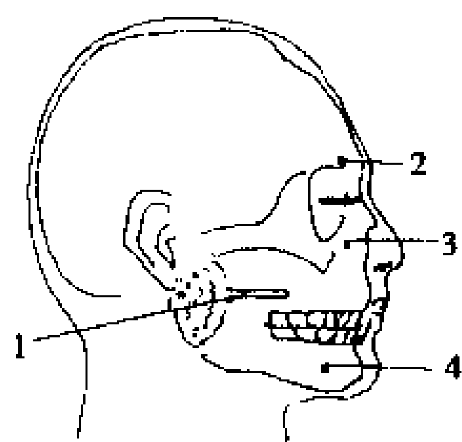


图13-5-21　颌面部表面标志
1. 腮腺导管　2. 眶上孔　3. 眶下孔　4. 颏孔

1）眶上切迹（眶上孔）：位于眶上缘内、中1/3交界处，距正中线约2.5cm，眶上血管神经束通过该孔。

2）眶下孔：位于眶下缘中点下方0.5～0.7cm处，体表投影为鼻尖到外眦连线中点。

3）颏孔：位于第一、二双尖牙之间的下方，下颌体上下缘中点，距中线约2～3cm，颏血管神经束穿过此孔。

从眶上孔向下颌尖牙作一直线，眶上孔、眶下孔、颏孔在同一线上。

4）鼻面沟：是鼻侧与面部之间的长形凹陷，在此处作手术切口，缝合后瘢痕不明显。

5）唇面沟：为上唇与颊部之间的斜形凹陷，在矫治修复时常作为判断面容恢复情况的指征。

鼻面沟与唇面沟合称为鼻唇沟。

6）颏下点：为颏部最低点。经常作为测量面部距离的标志。

7）颌外动脉体表投影：下颌骨下缘与咬肌前缘之交点到眼内眦的连线。

8）面神经出茎乳孔位置：相当于耳垂高度，在乳突内侧缘处。面神经分支一般自外耳道下方一横指处开始。离开表面皮肤1.5cm左右。面神经出茎乳孔后在腮腺深浅两叶间向前行走。

面神经主干先分出面颈干和面颞干，再分出五支。即颞支、颧支、颊支、下颌缘支及颈支。

9）腮腺导管体表投影：为耳垂（耳屏下缘）至鼻翼与口角连线中点的连线1/3段。

10）耳屏：位于外耳道前方。临床常在其前方、颧弓根部下检查下颌骨髁状突的位置。

11）鼻根点：鼻额缝与正中矢状平面的交点，此为骨性标志，在体表不明显。

12）眶耳平面：由眼眶下缘到外耳孔上缘构成的平面。当人端坐，头保持直立位置时，此平面与地面平行。

13）耳屏鼻翼线：从鼻翼底到外耳孔上缘的连线，也指从鼻翼中央到耳廓中央的连线，它与眶耳平面约成15°的向前交角。

14）𬌗平面：由上颌中切牙切缘到两侧第一磨牙远中颊尖顶构成的平面。正常时，它与耳屏鼻翼线几乎平行，平分上下颌间隙。

15）补偿曲线：上颌磨牙𬌗平面或连接磨牙颊尖顶所形成的突向下的曲面或曲线。

3. 面型与牙型、牙弓型的关系　面型与牙型及牙弓型三者通常是相互协调的，在个体发育中表现为一致性。面部发育较宽者，其颌骨亦可能较宽，牙弓也较宽，这样面部与牙弓统一呈较宽型，即方圆型或卵圆型。面部发育较窄者，其颌骨也较窄，这样面部与牙弓统一呈较窄型，即尖圆型。牙型往往与面型也一致。门牙牙冠形态通常与倒置面型相似，这对于临床上修复缺失前牙有一定参考价值（图13-5-1，图13-5-2）。

(二) 面部软组织结构特点

面部皮肤细润、柔软，血管丰富，皮下组织疏松，易于伸展移动，有利于外伤缝合及成形手术。但在颏部，尤其是鼻翼处，皮肤与皮下组织结合紧密，不宜剥离。

皮肤的色泽与表皮棘层所含色素量、皮肤结构、血管收缩程度和血液中所含血红蛋白量有关。

皮肤纹理是由皮内的弹力纤维和胶原纤维按一定方向排列而形成。真皮内弹力纤维的存在，使皮肤具有一定弹性。弹性纤维束与胶原纤维排列在一起，螺旋形地围绕着胶原纤维，形成弹性纤维衣襻，布满真皮层，维持着皮肤的张力状态。随着年龄的增长，弹性纤维变性，导致皮肤松弛，皱纹增加。老年人皮肤弹性差，呈现明显皱纹。

胶原弹性纤维束呈张力排列。平行张力线具有最小张力，在此线作切口产生的瘢痕收缩小。头颈部张力线有两种类型：一种是面部的习惯张力线，如前额、眼睑和口周的张力线；另一种是皮肤松弛线，由肌肉的屈伸运动产生，如颈部水平环形线。

整形、美容手术选择切口时如平行这些张力线，则可取得较小张力和最轻微的瘢痕。

颌面部皮肤与皮下层的弹性纤维、肌纤维紧密相连。所以，在手术切割后，皮肤创缘容易裂开，缝合创缘时，皮肤有内卷、内陷倾向。因此，施行手术时皮肤切口方向应尽可能与皮纹或皮沟一致，以利早期愈合并且只产生细瘢痕。

面部的主要肌肉是表情肌和咀嚼肌。

表情肌属皮肌，是一种薄而纤细的肌纤维，主要分布于眼、鼻、口等裂孔周围，一般起于骨或筋膜，止于皮肤。表情肌收缩时牵动皮肤，使面部呈现各种表情。表情肌全部由面神经支配，如果面神经发生疾患可引起面瘫。表情肌肌纤维方向和面部皮肤的皮纹相交错。因而手术中如切断表情肌时，不仅应将表情肌缝合，而且要准确对位。否则，不但会形成明显的内陷瘢痕，甚至可因瘢痕而使皮肤皱缩成一团。

面部有两群强大的咀嚼肌群、附着在下颌骨上，主要有升颌肌群（如咬肌、颞肌、翼内肌）、降颌肌群（如二腹肌、下颌舌骨肌、颏舌骨肌）和同时有升降颌作用的翼外肌组成。作正颌外科手术时，务需注意这些肌肉对手术以后面部的影响。

（三）口腔颌面部有关的美学参数

1. 眼区的美学参数　眼眶的形状，眼裂的长度、宽度、倾斜度，眼内眦间距和单睑、重睑、还是隐重睑等都能影响人的容貌。

据统计，一般眼的宽度即睑裂左右径为30～34mm，两眼内眦间距30～36mm，眼裂上下径为10～12mm，上睑缘与眉毛间距为15～20mm。外眦应较内眦稍高，内眦睑裂角在48°～55°，外眦睑裂角在60°～70°。角膜露出率一般为50%～80%。直视正前方时，上睑覆盖角膜约2mm，下睑缘与角膜下缘相接触。角膜直径12～13.6mm，平均露出直径11mm左右。上睑最高处在上睑中内1/3交界处，下睑最低处位于下睑缘中外1/3交界处。

2. 眉的美学参数　眉位于上睑与额之间的眶上缘上，自内向外呈弧形。男性近于眶上缘处，女性大多位于眶上缘上方。眉的内下缘位于鼻侧眶上缘处、外缘位于鼻翼外缘到外眦的连线上。男性的眉较粗密，女性较细疏。眉的内侧较密而圆，外侧稍细稀疏。男性眉近于平直，女性眉内外缘则处于同一水平线上。

3. 鼻的美学参数　鼻的形态与种族有关。白种人的鼻子较尖，黄种人的鼻子较扁，黑种人的鼻子则扁而大。中国人的颜面较纤细，额鼻突低平，鼻梁以小巧细窄为美。额骨鼻突至鼻尖在男性近似直线、而女性微凹呈弧形，略翘。从侧面观察，外鼻可分为三类五型：即向上、水平、向下三类；波状型，钩状型、凸曲型、直线型、凹曲型五型。我国以水平凹曲型和水平直线型多见。

鼻的长度为颜面的1/3，正常人鼻长一般为6～7.5mm，鞍鼻的鼻长都偏短。大于1/3颜面长度的为长鼻，小于1/3的为短鼻。鼻的宽度即两鼻孔外侧缘间距，一般相当于鼻长的70%。鼻子在面部的位置，成人以鼻根为中心，鼻根至外眦的距离为半径，圆弧经过鼻柱，鼻翼缘。儿童此圆弧经过口角。

鼻高度、鼻面角、鼻唇角和额鼻角等对鼻的美观影响很大。鼻根部鼻梁的高度一般不能低于9mm，男性约12mm，女性约11mm；鼻背线一般与耳轮至下颌升支后缘连线平行；鼻面角，即前额至切牙连线与鼻背连线间夹角，理想值为30°～33°，女性可略小于30°；鼻唇角，即鼻小柱前端至鼻底连线与鼻底至上唇红唇间连线的夹角，一般为90°～120°；额鼻角，即鼻背与眉间形成的夹角（鼻骨与额骨鼻突的夹角），正常为120°左右，额鼻角关系到鼻形的曲线美，若小于120°，则外鼻前突，若此角位置较高，便成长鼻畸形。

从下面观察，鼻尖到鼻基底距离为鼻尖高度，男性26mm左右，女性23mm左右。低于22mm者为低鼻型。

白种人鼻尖高度较高，鼻翼隆起；黄种人高度

适中；黑种人鼻尖低，鼻翼宽。

鼻尖正常形态为半球形，正常鼻尖从前面刚看到前鼻孔稍后的鼻小柱基部。鼻尖曲率半径理想值一般为8～12mm。鼻孔通常成卵圆形。

4. 唇和颏部的美容参数　面部下1/3为唇、颏部。

口唇因种族、年龄、性别等的不同而呈现各种不同的形状，东方人口唇形状与欧美人就有很大区别。

男性口唇厚而宽大，女性则小而菲薄。上唇较下唇略宽。成年男性唇高约20～26mm，女性一般较男性低2～4mm。通常，唇高∶口裂至颏唇沟∶颏唇沟至颏底＝1∶1∶1。

口角位置相当于两眼平视时瞳孔中点向下延伸的垂线上，约在上颌第一双尖牙与尖牙之间。口唇自然放松时，上颌切牙外露切缘2mm，微笑时，牙冠部分可外露，正常时最高可达龈缘水平。口裂大小与面部表情肌活动、面神经支配、舌和唇活动及颏与鼻底部形态均有密切关系。通常静止时口裂高度不超过3mm。

在颊部相当于笑肌的位置，即在外眦向下垂直线与口角水平线相交处，可有酒窝出现，给人以美感。据统计，国人中有酒窝的占8%～10%，以女性多见。

侧面观上唇稍突出于下唇之前，位于鼻底至颏垂线前约3.5mm，下唇在垂线前2.2mm左右。前额、前鼻棘、颏三点基本在一直线上。

（四）耳的美学参数

耳由外耳、中耳、内耳构成，影响美容主要是外耳，其中耳廓部形态最为重要。耳廓呈“3”形。一般耳长62～65mm，耳宽30～33mm。耳廓位于头颅两侧，与头颅侧壁呈30°左右夹角。耳长轴与鼻背基本平行。外耳上缘在眉水平。耳廓下端与鼻小柱基底连线基本平行。

（五）颏是面下部的重要解剖标志

颏的位置是颏、唇、鼻关系的基础。在人类漫长的进化过程中，颌骨咀嚼器官逐渐退化后缩，而颏的轮廓和突度逐渐明显。颏是现代人类面容的特征，颏的发育是人类进化文明的颜面标志之一。

面部可等分为上、中、下三部分。以眉间、鼻底为界线。在面下1/3处，上唇高（鼻底到口裂）与下唇颏高（口裂到颏底）的比例关系约1∶2。鼻底到口裂点、口裂点到颏唇沟、颏唇沟到颏下缘为三个相等的部分。颏微向前突，接近从鼻根点至眶耳平面的垂线。

这些参数在临床上有重要意义。

（六）鼻、唇、颏相互关系的美学参数

面下1/3的鼻、唇、颏关系是面部整体和谐与否的重要因素。如何来评价这一关系是否和谐，美国正畸学家Ricketts提出了连接鼻尖点和颏前点的假想审美平面（esthetic plane）。

中国人属于蒙古人种，正常𬌗成人上唇离开审美平面的距离，男性为0.4mm、女性为0.6mm。下唇距此审美平面的距离，男性为1.8mm、女性为0.9mm。上唇相对靠前，下唇相对靠后，上下唇部位于该审美平面后。

（七）牙的美学参数

牙的外形及排列也会影响面容外观。根据牙形几何学说，上颌切牙的唇面外形倒立与面型接近。

当下颌处于息止颌位时，下切牙不应显露，上切牙切缘仅显露1～2mm。当微笑时，上切牙约显露唇面的2/3，下切牙显露1/2。下切牙的切缘弧度应与下唇内曲线基本一致，但不应显露磨牙。

唇自然闭合时，口角正对着上颌尖牙远中部分或第一双尖牙近中部分。

正常𬌗的成年人，侧面观上、下中切牙长轴的夹角应在125°＋7.9°范围内。上前牙略向前倾斜覆盖下前牙，但不超过3mm。覆𬌗不超过下前牙唇面1/3。

上述美学参数在临床应用中必须从面部整体协调性加以考虑，不能孤立地强调某一器官的特殊性，这样才能达到比较理想的美容效果。

二、牙-牙槽美容外科

（一）外科正牙术

外科正牙术，是近年来在我国逐渐开展的一项牙槽外科美容手术。

外科正牙术矫治对象主要是青年人的前牙列错𬌗畸形。包括牙齿拥挤、反𬌗、前突、扭转、开𬌗等。

早在1928年，Fanchard就用牙钳将错位牙用强力复位。以后亦有学者用外科细钻或细线锯做牙间骨断开复位术。通过实验研究证明，只要颌骨一侧有粘骨膜附着，牙-骨块截开后不会发生颌骨坏

死。若从根尖上 5mm 处截骨，可保持牙髓血液供应。目前常采用对上下前牙的外科正牙术。

手术基本步骤分述如下：

1. 上前牙正牙外科手术　在常规消毒麻醉后，通常用 11 号刀片，沿截骨线从唇侧牙间切开粘骨膜，先用宽骨刀从牙间纵向截开唇侧骨板及深层骨松质，再用窄骨刀插入截开处腭侧骨板，一般不需截穿腭侧粘骨膜。用弯骨刀潜入唇侧根尖上方 0.5mm 处粘骨膜下，横向截开唇侧骨板，再用弯骨刀插入截开骨松质及腭侧骨板。此时即可形成带有唇、腭侧粘骨膜瓣的活动牙-骨块。截开腭板时，术者（或助手）必须用手指抵紧腭侧，以减少腭侧不规则骨折。截开后的牙-骨块应完全松动，才能向各方向移位及恢复正常牙位。

多数病例有牙列拥挤，所以常需减数拔牙，才能使牙-骨块向侧方移位或转动而将牙排齐。轻度拥挤的腭向错位牙，常不需片切牙冠邻面即可用手指向唇侧复位；如复位困难，可先下降后再向唇侧复位；如复位仍困难，可将患牙及邻牙牙冠邻面片切减轻拥挤后复位而不需减牙，但片切处容易发生龋蚀，故尽量少用片切法。

如牙扭转超过 45°，则不能用牙骨块截开法复位，否则骨创将无法愈合。超过 45°的扭转牙，可用钳转法复位；但根尖已形成者，钳转后容易发生牙髓坏死，术后应及时做根管治疗。

2. 下前牙正牙外科手术　常应用在下前牙牙列排列拥挤或向上移位畸形。如严重拥挤，常可拔除 1 个下切牙，靠舌的自然推力，能很快使牙齿排齐或明显改善；如牙列拥挤情况复杂，亦可拔除 1 个下切牙后留有间隙，按类似上牙牙-骨块截开法步骤将牙齿排齐。如为上、下前突或对刃殆，可先拔除 1 个下中切牙，在下颌两侧做两个牙-骨块（包括切牙、尖牙或第一双尖牙），带蒂的牙-骨块向中间及舌侧移位以缩小下牙弓，然后再做上前牙手术。在上下前牙正牙术中，当牙骨块复位后应考虑调磨牙冠及修整牙龈。被矫正牙或其他未手术的前牙切端及外形，应用砂轮调磨，才能协调、对称，从而达到更好的美容效果。如双侧同名牙的牙冠长度不一致，或因牙冠过短不能调磨者，可将唇侧龈缘适当切除、修整，以改善牙冠唇面外形。

手术缝合前需用生理盐水将伤口内可能遗留的碎骨末、碎骨片冲净。缝合时因上牙手术未翻瓣，每个切口只需缝合 1～2 针，穿针应接近切口边缘。术后从上唇外侧加压包扎 1 天即可；下牙手术翻瓣者应严密缝合，术后从下唇外侧加压包扎 5～7 天，防止形成血肿后感染。恢复牙列正常后，常用釉质粘结剂涂抹或采用复合树脂于唇侧及牙间隙做固定。如剩余有较大牙间隙，需用细不锈钢丝结扎于邻牙上。如切牙扭转角度较大，复位后不易固定者，可用唇弓加钢丝结扎。如果用强力使扭转牙复位的手术，固定时间一般为 3 个月。

（二）植牙技术在牙槽外科美学中应用

牙列缺损通常行义齿修复。但屡见由于修复不适应而将义齿废弃的现象，植牙技术则弥补了这方面的不足。对于牙列缺失，牙槽嵴萎缩的患者，全口义齿失去固位的病例，种植牙又可成为全口义齿的固位装置。对患者容貌的改善无疑起不小作用。因此，植牙技术一直是国内外学者研究的重要课题之一。

1. 牙再植术　是将离体牙或仅有软组织附着的脱位牙，经处理后在原牙槽窝内进行再植。因创伤造成的离体牙，常伴有牙槽骨骨折和牙龈的撕裂。离体牙大多有严重污染，应将患牙用生理盐水反复冲洗，去净沾染的泥沙，离体下完成根管治疗。然后在 1/5000 灭滴灵溶液中浸泡 10 分钟，再置入抗菌液中浸泡 10 分钟，与此同时处理牙槽窝，清除牙槽窝内异物，并用抗生素液交替冲洗。将牙槽骨折片复位，缝合撕裂的牙龈组织，原位植入离体牙，以塑料夹板固定。创伤后有软组织相连的离体牙或手术拔除的牙，如果牙髓是健康，可采用保留活髓，暂不做根管治疗，原位植入，进行稳妥固定。病例随访，定期了解牙髓活力情况，再酌情处理（详见第二十八篇）。

2. 自体牙移植术　将自身的牙或牙胚拔下后，在口腔内易位植入，称为自体牙移植。自体牙移植术可以分为两种类型：一种类型是将埋伏或阻生的后牙拔下，植入缺失的后牙区，以恢复正常的咀嚼功能；另一种类型是拔除埋伏或移位的前牙植入相应的牙位，除恢复咬合关系外，又达到美容效果。拔除该移植牙时，要注意保护牙周膜及根尖部的牙乳头组织，尽量减少损伤，尤其防止断根。对于埋伏骨内的牙胚，亦应保护牙囊勿使受损。

根据移植牙牙根的形态、大小，修整或制作受区牙槽窝。制作牙槽窝应用锐利器械、慢速牙钻、

锐利的骨凿等，避免过度损伤。

植牙时应认清移植牙的方位，注意不可使牙根在移植时过度受压，尤其根尖部更不可受压。植牙后，以金属丝结扎固定，釉质粘结剂或复合树脂粘结固定（详见第二十八篇）。

3. 牙种植术 牙种植术是将非生物性种植体植入人工牙槽窝内，修复牙列缺损或使之成为部分或全口义齿的固位装置，以恢复正常功能。常用种植体材料有生物活性陶瓷种植体（生物活性玻璃陶瓷、羟基磷灰石陶瓷、锆磷灰石陶瓷等），该种植体具有良好的组织相容性，在骨界面可出现无定形结构与生物陶瓷紧密接触。目前钛种植体也是一种十分肯定的种植体材料，金属钛种植体可形成骨结合，形成良好的固位。

以生物活性陶瓷-钛复合体两段式种植牙为例介绍手术要点。

第一期手术：在牙槽粘膜作梯形或弧形切口，显露牙槽嵴顶后用种植机低速磨削，边磨边注水降温，局部温度不得高于47℃，以免损伤邻近骨组织。冲洗骨屑，形成人工牙槽窝。用特殊器械就位种植体，其颈部应位于牙槽嵴顶下方1mm左右。随即卸下冠桩，拧上封闭螺丝帽，严密缝合牙槽粘膜，1周后拆线。术后两周制作临时性可摘义齿（种植区基托组织面作缓冲）。

第二期手术：第一期手术3～6个月后，在种植区牙槽嵴顶作环形切开，露出螺丝帽，更换冠桩。若此处粘膜肥厚，可修整成斜面，形成天然牙龈形态，1周后即可在冠桩上行义齿修复，恢复牙列的形态与功能。

4. 牙髓腔－骨内种植术 牙髓腔-骨内种植术是应用特制的钛合金种植钉，通过去髓后的牙髓腔穿出根尖进入颌骨内5～12mm固定。手术后改变牙齿的支点，增加根的长度，从而使松动牙得到固定。使原先只能拔除松动的牙得到保留。由于牙的保存又可以减缓牙槽骨的吸收，保持牙槽骨的美学形态，恢复一定的咀嚼功能。因此，牙髓腔-骨内种植技术不失为一种既保存患牙又防止牙槽骨废用性萎缩的良好措施。

（三）牙槽嵴增高术在牙槽外科美学中的应用

牙和牙列缺失后，由于缺乏功能性刺激，牙槽骨逐渐吸收萎缩，失去原有的形状和大小，影响义齿的固位。牙槽嵴增高术是通过手术方法，延缓牙槽骨的吸收或使已萎缩的牙槽嵴得到重建，从而有利义齿修复，对容貌的改善也起着良好的作用。

1. 骨膜下种植体 骨膜下植骨是临床上增高牙槽嵴的常用手术方式。在牙槽嵴中或两侧颏孔区、自牙槽嵴到前庭沟粘膜转折处作垂直切口，切透骨膜。然后用骨膜分离器在牙槽嵴顶潜行分离形成骨膜下隧道。修整植骨块并自隧道中插入，缝合伤口，半月后可行临时义齿修复。移植骨来源可截取下颌升支前缘骨块或其他部位骨组织。

2. 牙根潜没术 牙根潜没术，即牙根埋存术，国外70年代开始应用，国内近几年已有报道，它将活髓牙根，或牙周组织健康、经根管治疗后的死髓牙牙根，应用手术方法埋存于牙槽骨内的一种手术方法。由于它保留了对牙槽骨的功能刺激，从而可以减缓牙槽嵴的吸收和萎缩，可以保持牙槽骨的一定高度，有利于义齿修复。

3. 非生物材料牙槽嵴增高术 常用材料有生物活性陶瓷、羟基磷灰石等。在牙槽嵴中线处向唇颊沟粘膜方向作垂直切口，切开粘膜后，再以骨膜分离器自中线切口插入骨膜下进行强行分离，形成骨膜下隧道。分离时注意防止穿破口腔粘膜，尽量在牙槽嵴顶仔细进行，尽量少向颊舌侧扩展。隧道形成后，将羟基磷灰石颗粒和生理盐水调和成湿砂状，装入特制的塑料注射器内，将输送器自中线切口处插入骨膜下隧道内，推进向远中直达需要增高牙槽骨的末端。然后边退注射器边注入工骨材料，用同法完成另侧灌注。

用手指将植入物塑形，尽量保持牙槽嵴的高度，达到所需的形态，缝合切口。术后给予抗生素预防感染并加强口腔卫生，7天后拆除伤口缝线。

三、颜面整复美容外科

颜面整形美容手术最基本要求是术后创面能有良好愈合。如创口愈合不良，对位不好，瘢痕明显等，都会直接影响美容手术效果，有时甚至会加重畸形。在颜面部手术，患者对美容要求较高，因此术者必须熟练掌握整形美容手术的基本操作原则，并能充分熟悉各种常见整形手术方法，这是手术成功的基本条件。

（一）常见的整形手术方法

1. Z组织瓣成形术 这是整形美容最常用的方法。按Z形设计切口。Z的两三角瓣的角度以60

度为宜和三条线长度相等。两对偶三角瓣换位后，即起组织的延长和松解作用，同时缝合后匀称，外形满意（图 13-5-22）。

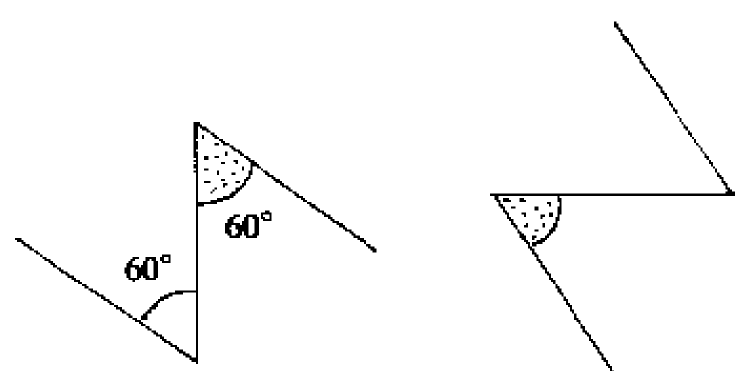


图 13-5-22 Z 成形术

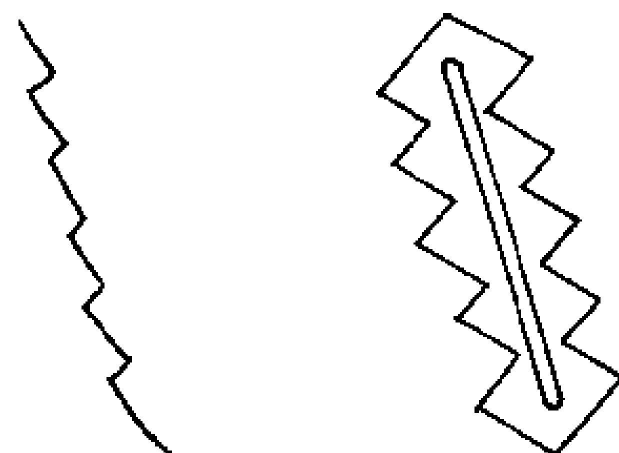


图 13-5-23 W 成形术

Z 整形术是一种应用广泛、简便、实用的整形手术方法。有 3 个主要作用：

1）按设计的方向延长皮肤的长度。

2）改变瘢痕或移位器官的方向，纠正直线瘢痕的不良挛缩或将移位的组织重置到所设计的部位。

3）延长并使组织换位。可以应用在系带修正，口角、唇红缘、鼻翼、眼睑、眉等的错位整复。

2. 多个 Z 成形术　按单个 Z 成形术原则设计多个 Z 字或称连续 Z 成形术。主要应用于长条畸形和缺损，可取得更大的组织延长和松解作用。多个 Z 成形术在临床应用也十分广泛。

3. W 成形术　W 成形术或称连续 V 形术。按多个 W 或 V 成形在缺损两侧设计切口线，其两侧的角度相互凸凹相嵌。缺损完全切除后缝合呈连续 V 形或锯齿形。理想的"W"整形术，应是每个三角形皮瓣均为 60°的等边三角形，各边长为 5mm，因为锐角三角切除相当于平行皮肤张力线的半侧椭圆形，故留下的瘢痕细微（图 13-5-23）。

4. V-Y 和 Y-V 成形术：V-Y 成形术是按 V 形设计切口，形成三角组织瓣后成 Y 形缝合。将组织向前向上推移。Y-V 成形术是按 Y 形设计切口，形成三角瓣后用 V 形缝合。由于三角瓣移位有一定的限制，在临床上应用不如 Z 形术广泛（图 13-5-24）。

5. 菱形瓣转移术　菱形瓣转移整形术是为修复菱形缺损而设计的一种旋转推进瓣。典型的菱形缺损，4 个创缘等长，两对边平行，两对角相等。一组对角成锐角，一组为钝角。两锐角连线为长轴，两钝角连线为短轴。设计一邻近组织瓣，按图示切开、缝合，能良好的覆盖菱形创面（图 13-5-25）。

（二）唇颊部美容

本节所叙述内容主要是唇颊部的整形美容外科。唇颊部最常见的疾病是先天性畸形如先天性唇裂及其他类型的面裂，其次是由于各种因素的后天性缺损、发育畸形等。这些都需要用整形手术的方法达到功能的恢复与形态美的目的。此外，有些患者并无缺陷或缺损，主要从美容角度开展的外科手术如酒窝成形术、厚唇薄唇修整术等。本节限于篇幅，对先天性畸形唇裂与面裂修复因在本书其它章节及其他各专著中都有详细论述，就不再作专题描述。

1. 唇的基本外形（图 13-5-26）　唇和口裂位于面下 1/3 范围内。通常上唇的长度占该部分的 1/3。唇的口外部分可分为唇白和唇红，唇白由皮

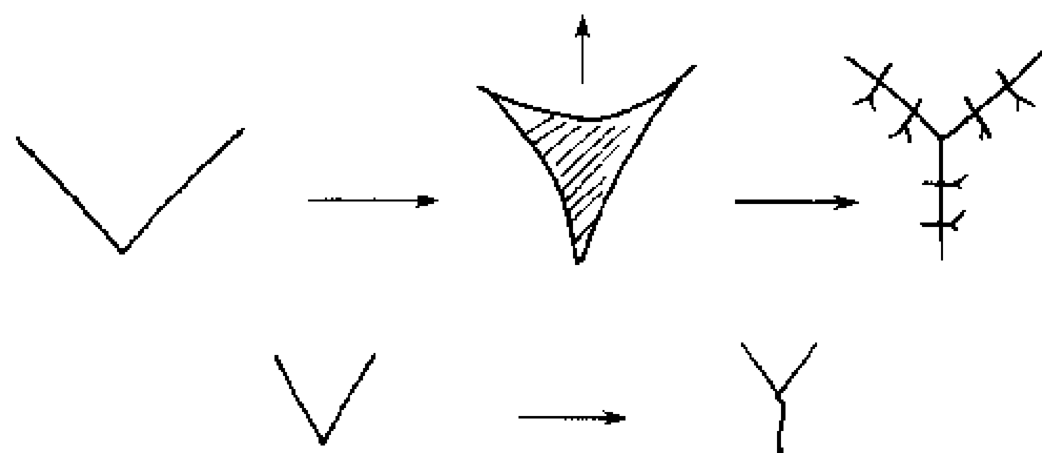
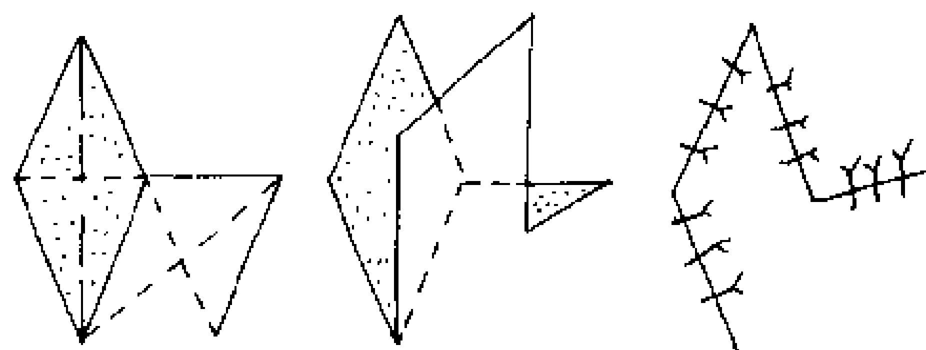


图 13-5-24 V-Y 和 Y-V 成形术


图 13-5-25　菱形瓣转移缝合法

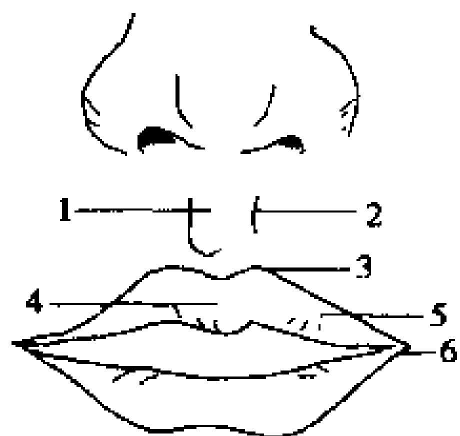


图 13-5-26　唇体表解剖示意图
1. 人中沟　2. 人中嵴　3. 唇峰
4. 唇珠　5. 唇红缘　6. 口角

肤构成，唇红由粘膜组成。唇红表面有细密的纵形纹，富有伸展性。

上唇皮肤正中有一凹陷称作人中，两侧柱状隆起，称作人中嵴，宽度约与鼻小柱宽度相等，人中的末端在唇红缘处较宽。

上唇皮肤与唇红粘膜交界处有皮肤隆起称为唇红缘。唇红中央处有一个丰富的结节，称为唇珠。一般下唇唇红比上唇唇红饱满，上下唇暴露于口外的唇红比例约为 1∶1.5。

正常口裂的宽度，即两口角间的距离与双侧瞳孔向前平视时两侧间距相等。侧面观时，上唇稍向前突出于下唇。下唇于颏交界处轻度凹陷，临床上称为颏唇沟。上下唇自然闭合时，该沟的位置在口裂水平线至下颏缘中上 1/3 交界处。

2. 唇峰重建及唇修复术　唇峰重建术的适应证，通常是由于烧伤或其他类型的上唇外伤及肿瘤切除整复术后唇峰形态丧失的病例。此类患者的特点是上唇的弓状外形部分或完全丧失，并常伴有鼻部及邻近组织相应的畸形。

(1) 按标准美形唇设计上下唇的新的唇红缘。首先在上唇的唇红缘中点上定点 A 和两侧 BB′点，BB′点相距 6～8mm，(即 AB＝AB′＝3～4mm)。然后在 B 和 B′点的垂线上找到新的唇峰点 b 和 b′。一般按 4mm 计算，因为术后因疤痕挛缩可能会减少 1.0～1.5mm。结果 bb′点比 A 点高 2.5～3.0mm。连接各点成 cbAb′c′线。在原下唇唇红缘上确定点 D 和 D′，在两点下 2～3mm 确定 b 和 b′点。连接各点形成 cbbc′线，cb＝b′c′＝6～7mm。

(2) 按连线依次切开 CBAB′C′粘膜及 cbAb′c′皮肤并切除其间皮肤。分别将 B 点和 B′点缝合在 b 点和 b′点上，形成新唇峰和唇珠。下唇同法进行。最终形成新的和谐美形唇。(图 13-5-27)

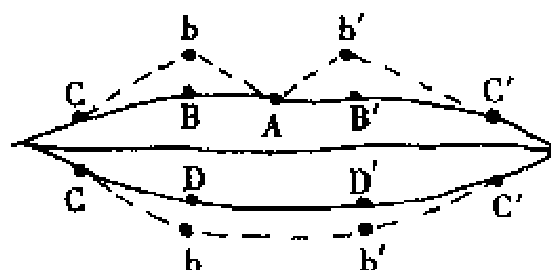


图 13-5-27　手术切口线设计

3. 唇珠重建术　唇珠是构成红唇美学形态的重要部分。由于唇珠的存在，其两侧便有若隐若现的唇珠切迹。在红唇的下缘弧度上，唇珠所在的部位也略为突出，若配以弓状弧度清晰的唇峰，则使红唇的形态更加生动美观。

(1) V-Y 成形唇珠重建术：最简单的方法是 V-Y 成形术。将上唇上翻，暴露唇系带，在系带上的唇粘膜部作 V 形切开，直达切开肌肉层，形成一个三角形粘膜肌肉瓣。将成形的三角瓣粘膜肌肉瓣向上移位，并行 Y 形缝合，手术结果在唇移行部和粘膜部之间将形成一个明显突出物唇珠。

(2) Z 字成形唇珠重建术：各种原因可以发生上唇厚度不对称，形成上唇的不均称的畸形。此时也可以按 Z 成形手术的原则，交换组织瓣后将厚唇处转移到上唇中心，在上唇中心形成一突出物唇珠。

4. 厚唇整复术　上唇厚度一般为 6～8mm，下唇厚度是 10～13mm，即下唇为上唇的 1.5 倍左右。超过以上厚度为厚唇。

(1) 上唇修薄术：外翻偏厚的上唇，在移行部与粘膜部作平行口裂的梭形切口，按连线切除多余的粘膜、粘膜下组织和部分肌层。切除的组织多少，取决于切除后上唇达到上唇美的标准厚度。切除多余的上唇组织后，在闭合时缝合线在口内侧，唇在自然状态下不显露瘢痕。

(2) 下唇修薄术：应在偏厚的下唇内侧设计梭形切口。按设计切口切除多余的唇组织，切除的厚度也取决于切除后下唇达到正常唇部外形美的标准

厚度。切除缝合后，缝线应在口内的隐蔽部分。

（3）双重唇切除术：双重唇多见于上唇，常因红唇粘膜下组织及粘液腺的增生而形成重唇，但患者红唇上缘的弓状形态及前缘光滑的弧度可以正常，由于近红唇的游离缘处增生突出，影响上唇下缘的正常弧度。

先测量出增生过多的部分并用龙胆紫或亚甲蓝划出，但测量划线时应尽量将切除靠近红唇下缘的内侧份，以免术后瘢痕在红唇的暴露面而影响术后的效果。沿设计线范围切除粘膜，切除的厚度以切除后上唇厚度是下唇的2/3厚为宜。并适当将其下方的增生粘液腺一并切除，仔细止血后缝合。

5. 口角修复术　和谐的口裂长度与眼裂长度的比例应是3:2。如果口裂大于上述比例为巨口症，小于此比例为小口症。大小改变不明显者可通过化妆加以纠正。改变明显者方需手术整形。

（1）口裂开大术：在口角沿上下唇红缘作Y切口设计。沿口角的外侧设计Y柄，在上下红唇设计Y两臂。Y大小设计应宜口角两侧对称。沿设计线切开皮肤、粘膜和肌层。止血后作V形缝合，有时切除部分粘膜组织，以便形成V形缝合后可以开大口裂。

（2）口裂缩小术：在口角上下唇红缘两端作V形切口设计，沿口角的红唇缘设计V形切口（靠近皮肤缘）。切开V切口线，将粘膜向口内翻转，按Y形缝合肌层及皮肤。使口裂缩小。

（3）Z形口角移位术：如因某种原因造成的两侧口角不在同一水平线上，可设计Z形组织瓣，在口角处呈对偶三角瓣，组织瓣交叉换位后使两侧口角对称并处在一个水平线上。对位缝合后矫正口角歪斜的畸形。

6. 唇外翻矫正术　唇外翻包括上下唇外翻。造成的原因很多，本节仅描述非外伤性又无功能性障碍的上下唇短而肥厚外翻突出。

上唇短而肥厚外翻，常与上颌前突牙殆畸形同时发生。由于上颌及上前牙前突，致上唇不易完全闭合，尤其在上唇自然松弛时更明显。如仅用一般厚唇矫正法是无法奏效的，首先应矫正上颌牙前突或采用牙外科矫治术。在矫正牙前突并减低上颌牙槽突的垂直高度后，上唇才能获得松弛。再酌情配合厚唇修整术。个别情况尚需作上唇方肌部分纤维切断松弛术，以减少上唇张力。如此处理才能有较好的美学效果。

下唇的肥厚外翻常伴有深覆殆畸形。严重的深覆殆可使上、下牙间垂直距离变小，面下1/3变短，上前牙接触于下前牙唇侧的前庭沟处，使唇颏沟加深，下唇显得肥厚外翻。此时也必须先通过正畸矫正深覆殆后，再酌情配合厚唇矫正术才能获得良好的效果。

7. 人中及人中嵴重建术　上唇若失去人中及人中嵴结构，由于上唇处光滑而平坦的外观而使口唇显得呆滞，并缺乏与整个面部整体和谐的美。因此非常有必要重建人中及人中嵴。

重建方法：先定出人中嵴所在部位，在人中切迹下方作弧形粘膜切口，在皮下向上方仔细进行锐性分离，两侧略超出人中嵴范围1mm左右，切除人中范围内的皮下组织或少许肌肉后，在人中嵴处作水平褥式缝合，使皮肤突起呈嵴状，在人中处的皮肤上放置与人中形态相一致的硬性圆形管加以固定，以使此部皮肤与其下方粘连而形成凹陷的人中。

8. 酒窝成形术　"酒窝"是在微笑或说话时，颊部肌肉活动所产生的一种动态的生理性凹陷，它是众多肌肉与表面皮肤所产生的一种牵拉而造成的。常位于口角的侧方，一侧或双侧均可出现。这种凹陷的存在，对于女性来说，更能显示出活泼、甜蜜、温柔的气质，因此不少人把酒窝称为人类容貌美的象征。故很多青年女性主动要求能增添这种美感。酒窝成形术即是用外科手术的方法来人为地建立这种肌肉与皮肤间的牵连，以便造成类似酒窝的凹陷。

酒窝的形态与面型轮廓和丰满度等有密切的关系。成形的酒窝应该与面部十分和谐。一般而言，面型宽阔或丰满者，酒窝宜作成线状凹陷，浅而模糊。面型狭长清瘦轮廓明显者，宜将酒窝作成近似圆形且稍深。

酒窝的位置，大约在外眦垂线与口裂水平线的交点处，这仅是一个参考位置，术者可以根据求治者的面型作适当的调整。

手术方法：在口内粘膜上切开2～3mm（与确定的皮肤上酒窝位置相对应处）。注意避开腮腺导管口。从口内一侧肌层进针，由定位的酒窝皮肤出针，再由出针点经皮肤内前行1～2mm，从皮肤出针（此距离可决定重建酒窝大小和形态），再由二

次出针点进针、口内肌层出针、打结。即形成凹陷的酒窝。

（三）正颌美容外科

正颌美容外科是结合正畸和手术的方法，用来矫治牙颌面畸形的一门学科。牙颌面畸形系指累及颌骨、牙列的畸形，该畸形常影响面中及面下1/3的比例，导致面部不和谐，影响容貌美。

美容整复的历史：1848年，Hullihen施行了第一例正颌手术，其目的在于矫正烧伤后颏颈瘢痕所致的开𬌗畸形。随后，Cohn-stock（1921）、Wassmund（1927）相继报道了前颌骨以及全上颌手术用于矫正上颌前突畸形。自Trauner、Obewegeser（1957）开展了下颌升支矢状劈开术用于矫治下颌骨畸形，和Bell建立了正颌外科的实验生物学基础后，正颌外科才在世界各地迅速发展与普及。

1. 常见的颌面畸形及正颌外科治疗原则

（1）下颌骨畸形

1）颏畸形：颏畸形可分为小颏、缩颏、巨颏、以及颏部的非对称性畸形。颏部畸形可单独存在，大多数情况下与下颌骨畸形并存。

对颏畸形的治疗，必须根据正、侧面的软组织形态学和骨骼形态学来考虑。颏成形的术式主要包括颏前徙成形术、颏后退成形术、颏摆正术、颏扩大成形术以及颏缩小成形术。颏扩大成形术可通过骨移植或生物材料植入的方法来完成。

颏部的形态在面型中的重要性日渐为人们所关注。口内水平截骨颏成形术是一种理想术式。通过这种术式，颏部可向上下、前后、左右和旋转移动，矫正颏部过大、不足及不对称，达到医学美容效果（图13-5-28）。

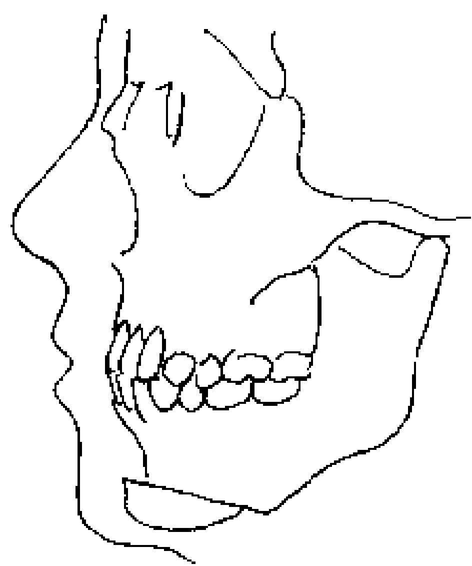


图13-5-28　颏成形示意图

2）下颌骨发育不全：下颌骨发育不全可分为下颌小颌畸形与下颌后缩畸形。严格来说，下颌小颌为真性下颌发育不全，而下颌后缩畸形系指位置后移的下颌骨。

对于下颌骨发育不全的治疗，手术方法较多，目前最为常用的术式是下颌升支矢状劈开术，通过本手术前徙下颌骨来改善面形。此外，尚可选择下颌体部C形截骨术、或倒L形截骨术来延长下颌体，前徙下颌骨。对于重度畸形病例，为了防止术后畸形复发，往往需同时行舌骨上肌群切断术、颏前徙成形术或下颌前份根尖下截骨术。

3）下颌发育过度：下颌发育过度是最常见的牙面畸形。下颌升支和下颌体长度与宽度过多是其主要特点。由于下颌升支高度增加，下颌角变钝，致面下1/3伸长，可使患者脸部呈长面形。由于下颌骨体过长，引起下颌骨颏部显著突出，可使患者面中部呈凹陷型。

对于下颌发育过度的治疗，可根据不同情况施行下颌骨体部或下颌升支部截骨术或去骨术。目前多数学者主张施行经口内入路的下颌升支垂直截骨术。当上、下颌之间的反覆盖距离超过1cm时，主张施行双颌手术。

4）下颌骨非对称性畸形：下颌骨非对称性畸形包括下颌骨非对称性发育不全（单侧小颌、偏面萎缩畸形）与下颌骨非对称发育过度（单侧巨下颌、非对称下颌前突、单侧髁状突肥大）。

下颌骨非对称发育不全表现为病变侧的下颌骨短缩，造成面下部不对称，患侧丰满，健侧平塌，颏部及下颌中线偏向患侧，患侧口角及下颌角均高于健侧。面部畸形正面观较侧面观明显。

对于下颌骨非对称性畸形的治疗应以恢复面部对称性为原则。关于手术时间的选择，部分学者主张发育过度性畸形提倡早期施行手术，对于发育不足畸形主张待机体生长稳定后，患者成年时施行手术。由于单侧下颌骨发育不全的重症病例，往往需行双颌手术与植骨术，而对于单侧下颌骨发育过度的治疗，多主张施行下颌升支部手术以便尽量保留髁状突的完整性，从而最大限度地恢复咬𬌗功能。

（2）上颌骨畸形：

1）上颌骨发育过度：上颌骨发育过度可表现为上颌骨的垂直发育过度或上颌骨的前后发育过度。

对于上颌骨发育过度的手术治疗，尤应注意恢复鼻唇角的正常大小，以及上唇与上前牙之间的正常距离。鼻唇角，上唇—上前牙的正常关系对维持面部美容美学起着重要作用。矫正上颌骨发育过度的术式主要是上颌前部截骨术，以及向下折断术。当上颌垂直距离过长时，宜选用向下折断术。为了保持牙弓的完整性，目前许多学者主张施行 Le Fort Ⅰ型截骨术来矫正上颌发育过度畸形。该手术在改善面形与咬合功能方面优于上颌前部截骨术。

2）上颌骨发育不全：上颌骨发育不全可根据畸形的主要部位可分为上颌根尖发育不全、鼻上颌区发育不全、以及全面中份发育不全。一般来说，上颌骨发育不全主要表现在垂直向和前后向距离缩短，故表现为面中份短缩，鼻唇角变钝，唇部扁平、短缩，表现为短面畸形。口内咬合关系表现为安氏Ⅲ类错𬌗，前牙多呈反𬌗。

对于上颌骨发育不全的手术治疗，主张施行 Le Fort Ⅰ型截骨分段术来前徙上颌骨。必要时，可施行植骨术前徙并下移上颌骨，以改善面形和恢复咬合功能。

3）开𬌗畸形：开𬌗可引起功能与美学失调。开𬌗畸形可分为牙性开𬌗与骨性开𬌗。牙性开𬌗可通过正畸方法加以纠正，而骨性开𬌗必须通过正颌外科手术才能纠正畸形。

治疗开𬌗的手术方法较多，应根据不同畸形选择不同术式。术前应明确畸形是位于上颌不是下颌，或两者均有畸形。施术时尤应注意纠正异常的鼻唇角、恢复良好的上唇/齿关系，以及纠正面下1/3高度的不协调。

2. 几种常见外科正颌手术 目前，随着正颌手术随器械不断改进与发展，正颌外科技术不断提高，治疗效果也越来越好。手术从口内进路，尽量使患者口外不遗留瘢痕，达到了美学效果。

（1）下颌升支手术：目前常用的经口内途径的下颌升支截骨术有两种术式。

1）下颌升支垂直或斜行截骨术：主要适合轻度后退下颌骨（＜10mm）；轻度下颌不对称的后退和垂直向下升支缩短的病例。切口自升支前缘的中点，沿外斜线至下颌第一磨牙颊侧的口腔前庭，切开软组织达骨面。沿骨膜下剥离显露升支外侧，按要求作垂直或斜行截骨（自乙状切迹至下颌骨下缘）。为预防髁状突移位，最好采用骨间固定加颌间固定。创口冲洗缝合后一般不置引流条，两侧耳前区加压包扎（图 13-5-29）。

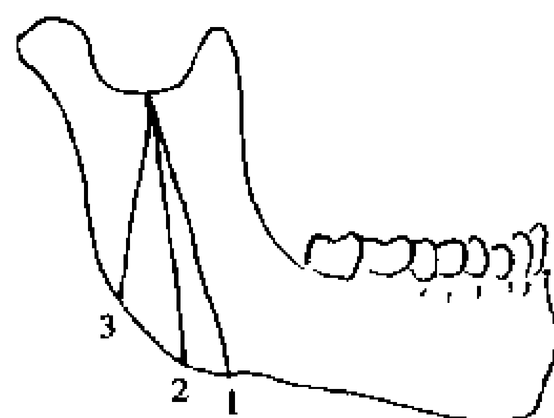


图 13-5-29 下颌升支垂直截骨术
1. 垂直截骨线 2、3. 斜行截骨线

2）下颌升支矢状截骨术：下颌升支矢状截骨术目前在正颌外科中应用越来越广泛。主要应用在对称性下颌骨前突；对称性下颌骨后退；小范围不对称的下颌后退；垂直延长下颌升支等病例中。切口类似垂直截骨术。沿升支前缘经骨膜下剥离至喙突，在升支内侧沿骨膜向下剥离，注意分离出下牙槽神经血管束并加以保护。在升支内侧与下牙槽神经血管束进入下颌孔上方 2～3mm 处水平截骨，升支外侧沿第二磨牙外侧向下行外侧骨皮质截骨，然后沿升支内外侧斜线（偏向外侧）近中点与升支平行行矢状截骨。截骨后用较厚骨凿逐渐撬开骨段，使骨段松动，按矫正需要作骨段移动。矫正后在新的𬌗关系下，作骨间固定（图 13-5-30）。

下颌升支矢状劈开术适应范围广，手术操作简单；口外无瘢痕，手术后骨创面大，有利愈合。因手术影响咀嚼肌群小，手术效果较肯定。手术后比较快地恢复正常咀嚼功能。

（2）下颌体部手术：手术通常截开部位在相邻牙齿间进行，通过已存在的间隙或拔牙后形成间隙。进行垂直向截骨。以颏孔为标志，可分为下颌体前部截骨术和下颌体后部截骨术，形成游离骨段，调整到设计所需的部分加以骨间＋颌间结扎固定。

（3）颏成形术：常作为其他手术的辅助手术，同期进行的常见颏成形术有以下几种。

1）颏扩大成形术：通过颏水平截骨术或用医用材料移植使患者增加颏突出，从而改变面下 1/3 高度。手术采用口内进路，暴露截骨部位，在尖牙根尖下4～5mm(即颏孔下方约 4mm)水平向截开。如需要增加颏长度，在骨截开间可进行骨移植。

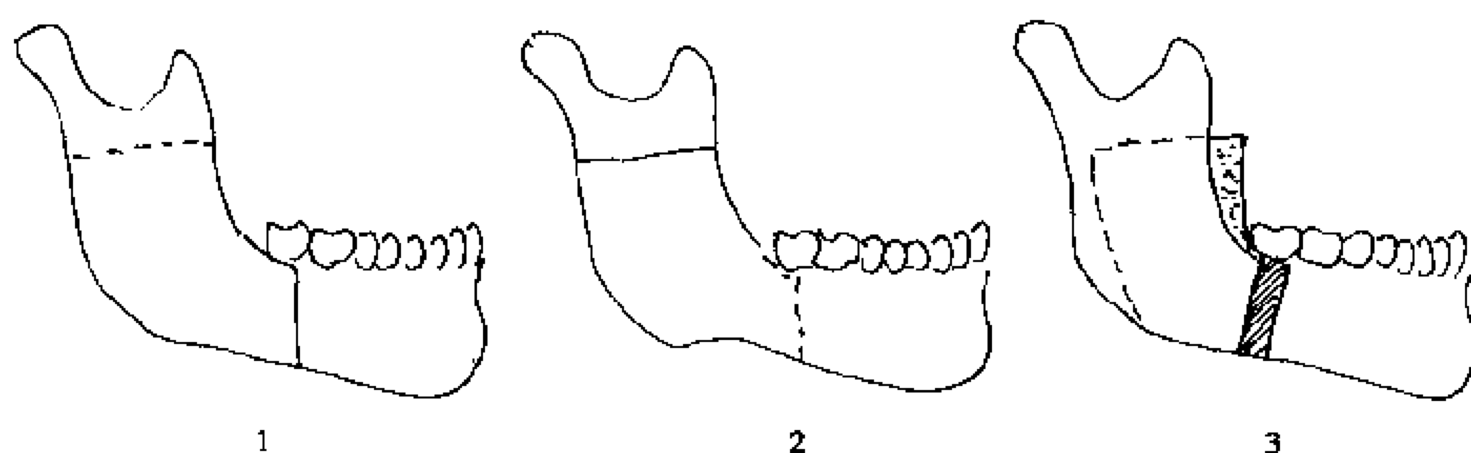


图 13-5-30　下颌升支矢状截骨术
1. 下颌升支截骨线沿升支前缘外斜线方向直达磨牙颊侧
2. 下颌升支内侧面乙状切迹和下颌小舌之间的水平骨截开线　3. 下颌前移后，应将升支前移突出口腔部分骨质截除（黑点所示部分）

2）颏缩小成形术：主要应用在巨颏症病人。骨性巨颏分为三个类型，向前方过度生长，垂直生长过度及向下和向前两个方面的过度生长。根据不同类型，可采用颏水平截骨术、巨颏修整术等方法修整过多过高的颏部骨组织，达到与正常人相似的颏突度。在颏缩小成形术骨组织改变的同时，还必须考虑对软组织厚度作相应修整，(图 13-5-31)。

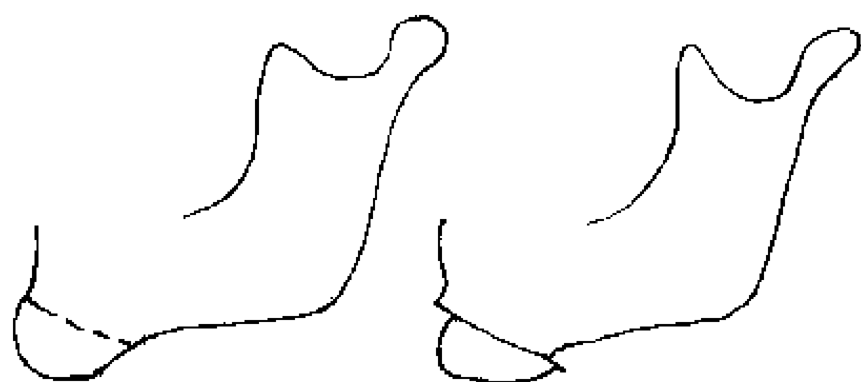


图 13-5-31　缩短后退式颏成形术

3）颏摆正成形术：用在偏𬌗、半侧面部短小、髁状突肥大、颞颌关节强直、单纯颏不对称等病例。颏摆正成形术，常作为其他手术的辅助手术。术前应在头颅后前位与侧位片上描迹以确定面部正中线。确定颏向前、向后、垂直和横向改变的范围。并在两侧比较后才决定手术，以便获得最佳美学效果。

4）上颌骨前部截骨术：上颌前部截骨术是在双尖牙或尖牙区将上颌骨前部截断游离，用于矫正上颌前突，开𬌗，深覆𬌗。如上前牙弓狭窄与对𬌗不协调可作中切牙牙间截骨，与下颌前部各牙取良好𬌗关系。有时可与前牙根尖下截骨术一起手术矫正双下颌前突、开𬌗畸形。

5）下颌后部截骨术：上颌后部截骨术主要矫正上颌后部反𬌗，后牙开𬌗及向前移动关闭无牙间隙。

6）全上颌骨正颌手术：目前在全上颌骨截骨术中有三种方法即 Lefort Ⅰ型，Ⅱ型和Ⅲ型。但最常见的应用是Ⅰ型，其他两种方法手术操作复杂，难度较大，目前国内较少开展。Lefort Ⅰ型截骨术是按 Lefort Ⅰ型骨折线截骨，并使上颌骨下降断离，然后整体移动上颌骨，矫正上颌前后、垂直及横向的畸形；也可从上颌骨鼻侧面将其分为若干块，改变上颌牙弓的宽度和弧度，矫正上颌牙弓过宽、过窄或伴有的开𬌗畸形。

（四）面颈部除皱术

随着年龄增大，颜面皮肤逐渐老化松弛，使人更显苍老。一些患者希望通过美容手术，减少面部松弛的皱纹面显得更有精神更为年轻，因此面颈部除皱术在美容外科中也是一种常见的方法。

对面部除皱术必须了解颜面不同层次解剖，尤其是手术沿筋膜层进行，应对有关筋膜解剖有所了解。

滑动筋膜层在腮腺区为腮腺筋膜。该筋膜层内除包括筋膜组织外，尚有肌肉纤维，因此称表浅肌肉腱膜系统。其肌肉层纤维是原始颈阔肌部分。

1. 面颈部除皱术目前有两种方法：第一种是在皮下脂肪层进行解剖分离，此平面解剖结构简单，但皮瓣薄，耐受张力低，术后效果欠佳。第二种是在腮腺筋膜下腮腺实质上进行锐性分离，分离至腮腺前缘后改用钝性分离，可避免损伤神经，形成的皮瓣厚而坚实。拉紧已松弛的分离组织，将多余的皮瓣切除后，将腮腺筋膜固定到颧弓骨膜上，颈阔肌层固定在乳突骨膜上，从而防止腮腺的膨出。在滑动筋膜缝合固定后，在颧骨和颊区皮下组

织层再向前钝性分离皮瓣，尽量提升鼻唇区松弛皮肤，然后在颞、耳前拉紧皮瓣，切除多余皮肤，此时注意应先从耳廓上开始，边切除多余皮肤，边简单缝合皮下组织，但应防止切除过多、张力过大致皮肤坏死；再拉紧耳后枕区皮瓣，向前切除多余皮肤，缝合固定。

2. 面部皮肤其他除皱小手术 如病人无明显额部皱纹，无颞、颈部的皮肤提紧手术指征，仅仅在局部有明显的皱褶时，如颏下脂肪袋、颈阔肌松弛。这时可选用局部小手术。

(1) 皱眉肌部分切除：当皱眉肌肌力过强而使鼻根部出现明显的纵形皱纹时，可在眉内侧上缘作深达皮下的小切口，分离出皱眉肌作部分切除，然后缝合切口。也可在鼻根部垂直皱纹处纵形小切口，分离出皱眉肌，再缝合皮肤。

(2) 鼻根部横行皱纹切除：可沿皱纹直接作横行切口切除皮肤，并仔细缝合皮肤。

(3) 鼻唇沟过深：可在鼻唇沟区作梭形切口，直接切除凹陷部的皮肤和皮下组织。

(4) 颏下脂肪袋：在颏下区作一小切口，将皮下、颈阔肌浅层分离，去除局部堆积的脂肪。将切口颈侧松弛皮肤上提切除，然后作皮下、皮内两侧缝合。

(5) 颏下"火鸡样"皮囊：采用甲状腺切口，然后在颈阔肌上水平面作颈部、喉区皮下广泛潜行分离，然后切除多余皮肤。

(五) 颌面肿瘤术后美容整复手术

目前，手术仍是治疗口腔颌面肿瘤的主要手段之一。手术切除肿瘤以后，不仅功能受影响也会造成形态和外貌的变化，这些将给患者带来生理和心理上的痛苦。

对肿瘤的手术治疗，一方面要尽可能获得彻底的根治，另一方面要求术后尽可能有较理想的容貌。这一客观存在的现象，具有很多的特征。例如各部位或各器官的均称性、比例性、和谐性以及颜色等多个特性的恢复。还要包括面部在运动中的功能，它是面部特有的表现。因此临床上正用各种方法尽可能减少畸形。

常用的有以下方法：

1) 膨胀器的应用：肿瘤切除后如能直接缝合，术后瘢痕最小，这是最理想的方法。当肿瘤体积较大，局部组织不足以封闭缺损时，可以采用膨胀器。膨胀器是一种具有高度弹性的硅橡胶囊。在游离皮下组织后，将膨胀器放入其中，注入生理盐水囊内，使硅橡胶囊逐渐膨大，迫使皮肤面积慢慢扩大，最后在切除肿瘤组织后，该部位有可能达到直接缝合的目的。

2) 皮瓣的应用：肿瘤切除后的缺损，如不可能用直接缝合方法关闭创口者，需用皮瓣修复封闭缺损区。皮瓣修复方法有邻近皮瓣、带蒂皮瓣和游离皮瓣几种方法。邻近皮瓣设计在缺损区附近，其皮瓣的颜色和质地与缺损区的皮肤完全相同，因此是直接缝合以外最理想的修复方法。

轴状皮瓣是带有知名血管的皮瓣，长宽比例不受2:1的限制，而随血管的分布可以设计得很长。在颜面部的额部皮瓣、耳后皮瓣是很常用的皮瓣。其他部位的皮瓣有胸三角肌皮瓣、胸锁乳突肌皮瓣、斜方肌皮瓣、胸大肌皮瓣及背阔肌皮瓣等，均可选择应用。

如果体积大的肿瘤，侵犯较多组织，手术切除后遗留巨大缺损，不仅有皮肤缺损，还有深部组织，如皮下组织、肌肉或骨组织等的缺损，所以需要较多、较厚的组织才能以修复。在这种情况下应尽可能恢复外形，对难度大的应尽量用新技术和新方法给予整复。

近年来，由于显微外科的发展，应用这一技术进行皮肤、皮下组织、肌肉、筋膜甚至包括含骨组织的复合组织瓣游离移植。用游离皮瓣进行修复面部组织或作器官再造，已取得满意结果，一次手术即可完成修复。

常用的皮瓣有前臂皮瓣、前胸皮瓣、胸大肌肌皮瓣、背阔肌肌皮瓣、上臂皮瓣、股薄肌皮瓣、肩胛肌皮瓣、大腿内侧皮瓣或股外侧皮瓣等。

(潘可风)

第四节 口腔内科的审美

口腔内科学目前包括了口腔牙体牙髓病，牙周病及口腔粘膜病三个学科的诊治内容。牙冠的形态，色泽，牙周的健康及与牙体的邻接关系，正常口唇粘膜的光润衬托是构成口腔审美的重要内容。本节将以牙体及牙周的正常形态结构为基础，对涉及其审美的内容作扼要介绍。

一、正常牙体牙周组织的形态学

（一）正常牙冠的外观特征

正常牙冠的外观特征可概括为以下几个方面：

1. 牙冠表层由半透明的牙釉质构成；
2. 牙冠颈部呈规则的圆弧状；
3. 切牙、尖牙、双尖牙及磨牙呈各自独立的形态；
4. 牙冠外形存在增龄性变化。

在所有牙齿中，由于前牙的易暴露性，使其成了备受关注的对象，而其中又以中切牙最受关注。正常天然前牙颜色具有如下特点：①牙位不同颜色有所不同。牙位改变，天然牙颜色的明亮度、色相和彩度均各有所不同。通常中切牙明亮度高于侧切牙，而后者又高于尖牙；但尖牙的彩度最大，中切牙和侧切牙相近；中切牙的色相比侧切牙和尖牙偏黄；上下相比，上前牙较下前牙偏黄。②牙面分区不同颜色有所不同。从牙颈部到切端，牙齿的颜色由深到浅，自然过渡。有学者将上中切牙唇面划分成九个区，根据折光性的变化，又将这些区归为高光区、切端透明区、辅光区和动感区。以高光区明度最高，颈部动感区彩度最大，切端透明区彩度最低（图 13-5-32）。③增龄性变化。中老年人，由于牙髓腔中颜色较暗的继发性牙本质增加，使得牙冠颜色变暗变深，同时可能在牙釉质表面出现微细的沉有色素的裂纹。④性别差异。女性牙齿的明亮度大于男性，而彩度则略低于男性，女性牙齿的色相则较男性偏黄。

上前牙形态结构的特点：①表面结构变化的丰富性。如上中切牙唇面不仅有纵行的发育沟，还有圆突的颈嵴及颈部横纹。②与面部其他结构尺寸之间的关联性。研究发现：虹膜宽∶上中切牙宽度∶上前牙总宽 = 1∶$\sqrt{2}$∶4。③年龄的影响。调查发现，从7～9 岁到 19～25 岁的生长过程中，牙冠指数（上中切牙牙冠长度/上中切牙牙冠宽度 × 100%）有显著增加。随年龄增长，牙冠切端的磨耗，牙冠指数将会下降。④性别的考虑。在切牙缺损或缺失的修复中，往往考虑女性上切牙切角不宜过锐，轮廓线宜和缓，以衬托女性温柔娴静的性格。而男性可考虑将近远中角作得较刚锐，切端较平直，以显示男性的阳刚之性格。⑤上中切牙可大致分为方圆型、椭圆型和尖圆型三种。调查显示，维吾尔族、藏族、蒙古族和回族正常人中以方圆型的上切牙占多数，汉族则以椭圆型者为多。

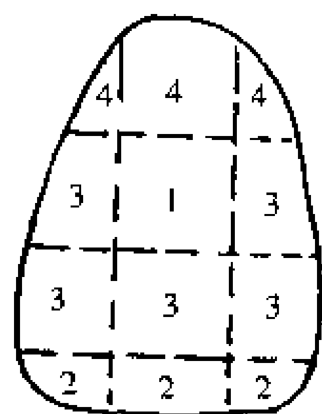


图 13-5-32　上中切牙唇面区域划分示意图
1. 高光区　2. 切端透明区
3. 辅光区
4. 动感区

在病变的牙体组织（特别是病变的前牙牙体组织）的治疗和修复过程中，应尽可能体现天然牙的色泽及形态特点。

（二）正常牙龈组织形态特点

正常牙龈组织呈粉红色，可分为游离龈、龈乳头及附着龈几个部分。游离龈像衣领一样围绕在牙颈部，保护着釉牙本质界。正常游离龈宽约 0.2～0.3mm。游离龈和龈乳头在形态上的审美价值体现在：①每个游离龈均呈优美的弧形，相邻的游离龈通过龈乳头连续相连，波浪起伏，构成了相似弧形形态的重复节奏的形式美感。②临床牙冠颈部轮廓形态有赖于游离龈和龈乳头的划围和保护。因此，如游离龈和龈乳头因病变而发生形态的异常改变，则不仅会破坏牙龈自身的形式美感，同时也可破坏临床牙冠的正常形式美感。附着龈表面对应于上皮钉突的地方呈现出桔皮样凹陷的点彩，自然生动。病变则会破坏这种美感。

二、牙体硬组织疾病对审美的影响及防治

（一）牙体硬组织疾病对审美的影响

牙体硬组织疾病对口腔审美的不利影响主要体现在：

1. 改变牙釉质的正常色泽　如色素沉积，龋病，四环素牙，氟斑牙，死髓牙等。
2. 破坏牙冠外形的完整性　如严重的龋病，釉质发育不全，楔状缺损，牙折等。
3. 改变牙冠的正常发育形态　如锥形牙，过

小牙，过大牙，融合牙，双生牙，结合牙，畸形中央尖等。

（二）牙体硬组织疾病的防治

1. 牙面的洁治　牙面洁治的目的之一就是为了去除沉积于牙表面的菌斑、软垢、结石、茶垢及烟斑等影响牙齿色泽的沉积物，显露牙体自身的正常色泽。目前以超声波洁治术较为常见。

2. 着色牙的治疗　着色牙主要包括四环素牙、氟斑牙和死髓牙。

（1）四环素牙的治疗：在牙发育矿化期间，服用四环素族药物时，该类药物与牙体组织内钙结合，形成稳定的螯合物，沉积于牙本质而使牙体着色。其着色特点为：①服药次数及剂量越多，着色就越严重。②服药越早，四环素类药物形成的螯合物就越接近釉牙本质界，经釉质透射出来的颜色便越明显。

不伴有釉质缺陷的四环素牙可考虑采用脱色治疗。

1）脱色治疗：这种治疗方法又可分为外脱色法和内脱色法两种方法。外脱色法报道较多的两种药物是30%过氧化氢以及10%过氧化脲。过氧化氢的漂白机制是使牙釉质发生脱矿，改变釉质的折光率，使牙本质内四环素荧光的透出受到阻碍。随着釉质再矿化，牙冠可发生回色现象，一般在0.5～1年后即可发生回色现象。与外脱色法并存的是内脱色法，一般用于死髓牙的脱色。由于内脱色法需要先将活髓牙变成死髓牙，因此一般较少用于四环素牙的漂白。但对于要求迫切而外脱色效果不佳的重度四环素牙（如深灰褐、黑褐色的四环素牙），可酌情施以内脱色法。内脱色法的机制是：30%过氧化氢释放新生态氧，破坏了羟磷灰石-四环素络合物的结合，使这一物质的荧光效应消失，从而起到脱色作用。因此，内脱色法的效果往往较为显著（详见第二十篇）。

2）复合树脂涂层修复：对于伴有明显釉质发育缺陷的四环素牙或着色严重而不能有效脱色的四环素牙可考虑采用此方法进行治疗。

复合树脂涂层修复目的是为了修复缺损的四环素牙牙体形态，同时遮盖着色。操作步骤如下：牙体预备（釉质表现磨去0.5mm）→牙面酸蚀、冲洗、吹干→涂布粘结剂或遮色剂→堆塑复合树脂并光照固化→表面抛光。早期开发的复合树脂的粘结强度、耐磨性和抛光性不够理想，90年代相继开发了一些性能较好的复合材料，如Densply公司开发的Dyract复合充填材料，Teneric/Pentron公司开发的水晶微粒光固化复合树脂等。这些材料在粘结性、耐磨性和可抛光性均较优良。以水晶微粒光固化复合树脂为例，其优越性具体体现在：①它与牙面之间不仅有机械性结合，而且有化学性结合，其粘结强度可达31.5MPa。②抗磨性能强，其磨耗率（8M/年）与牙釉/本质的磨耗率（3～5M/年）接近。③具有超强韧性、抗腐蚀性和抗收缩的性能。④其Bond-Ⅰ粘结剂内所含Primer A（为活性镁盐氨基酸）能渗透到牙本质小管，可以阻隔外界的刺激，因而具有脱敏的作用。又如Dyract复合充填材料，除了具有可抛光性好、耐磨的优点外，其特殊的聚合方式和良好的粘结性能使其与牙齿间密合度得到了加强，同时它能缓慢释放氟离子，因而尚具有预防龋齿的作用。由此可见高性能多用途是未来复合材料的开发方向。

3）贴面修复：目的与涂层修复一样，其方法是将不同材料制成贴面并通过粘结剂粘贴于所要修复牙的唇面。目前最优良的是瓷贴面，它具有美观、颜色稳定、耐磨、光洁抗着色与牙体易密合等优点。当前有预制成品瓷贴面、个别制作瓷贴面以及个别制作铸造玻璃陶瓷贴面等。此外，新塑钢类硬质树脂贴面、甲基丙烯酸酯树脂贴面及普通树脂类贴面等在临床上也均有使用。这些贴面虽然性能不及瓷贴面，但成本较低，制作工艺及设备要求也相对较低，在目前的国情下，仍有广泛的应用市场。

4）人造冠修复：对于牙釉质发育缺陷及着色程度重且累及牙数多的四环素牙患者，只要牙齿排列较整齐，在患者的要求下可以考虑作人造冠修复。可根据患者微笑时暴露的牙齿数量的多少，并结合釉质缺陷累及到的牙数情况以及患者的主观要求，确定修复的牙齿数量。目前较优先考虑的是烤瓷冠修复，该种修复的理化性能、生物相溶性及美观效果均较好。但制作工艺要求高，设备较复杂。目前也有采用成品树脂冠进行修复者，这种方法操作较简便，设备要求低，但修复效果相对不够理想。目前也有开始采用铸造全瓷冠进行修复者，但尚未普及。

（2）氟斑牙的治疗：氟斑牙是由于在釉质发育

期机体摄入过多氟所引起的牙病，其临床表现为：①同一时期萌出的釉质上有白垩色至褐色的斑块，重者伴有釉质的缺损。②多见于恒牙。③氟斑牙耐磨擦性差，但抗酸蚀力强。氟斑牙的着色机制：过量氟抑制了成釉细胞碱性磷酸酶的活力，引起釉柱间质矿化不良和釉柱的过度矿化，并使表层釉质呈多孔性。多孔性的釉质表层吸附了诸如有色锰、铁化合物后，随即出现斑釉。由于着色机制不同于四环素牙，因而氟斑牙采用的是外脱色法。采用30%过氧化氢作为脱色剂，操作同四环素牙。如轻度氟斑牙可采用18%～36%盐酸进行脱色。盐酸脱色是使牙齿牙面脱矿、溶解，随涂擦而去除表层的色素沉积物。为预防脱色后牙齿过敏，可在脱色牙面涂擦氢化可的松琥珀酸钠和10%葡萄糖酸钙，并嘱加强使用含氟牙膏，以促进牙面再矿化。重度氟斑牙，尤其是伴有釉质缺损者，建议采用修复治疗，方法同四环素牙。

（3）死髓牙的治疗：死髓牙往往是个别地出现于口腔，因其颜色（呈深黄、粉红、棕红、黑色或棕黑色）迥异于其他健康牙，因而格外不和谐。死髓牙的着色一方面来源于髓腔内血细胞自溶、自溶分解产物引起的着色，另一方面来源于封存于根管内有色药物（如丁香油、复方碘液、甲醛甲酚及麝香草酚等）的着色。死髓牙采用的漂白法是内脱色法，方法同四环素牙的处理。对脱色不理想，或牙冠本身有缺损的死髓牙，建议采用修复治疗。

3. 影响牙冠正常形态的病变的防治

（1）龋病的防治：龋病是一种在以细菌为主的多因素影响下所发生的慢性进行性破坏牙体硬组织的疾病。由于它对牙齿硬组织的正常色泽和形态造成破坏，从而对口腔的审美造成不利的影响。

龋齿预防的主要方法有洁牙及窝沟封闭。洁牙的目的之一就是消除牙面的菌斑，保持牙面清洁，防止龋病的发生。窝沟封闭是预防磨牙患龋病的有效方法。窝沟封闭对象为：7～8岁时封闭第一恒磨牙，12岁左右则封闭第二恒磨牙。封闭范围：磨牙的点隙裂沟。对早期龋及可疑龋可在局部预防扩展后再进行封闭。封闭剂的类型较多，但其组成一般由树脂基质，稀释剂及引发剂体系三部分构成。

龋病的治疗：①保守治疗：是一种使用药物为主的使龋病停止发展或消失的治疗方法。适用于光滑面的早期釉质龋。局部涂擦的药物有氟化物（7.5%氟化钠甘油。8%氟化亚锡液或单氟磷酸钠液等），硝酸银（10%的硝酸银液或氨硝酸银液）及再矿化液（氟盐，钙盐和磷酸盐类）等。其中再矿化液也可作为含漱剂。由于硝酸银对软组织有腐蚀凝固作用，使牙齿硬组织变黑，因此从审美方面考虑该药至少不适宜在前牙使用。②充填治疗：充填治疗的目的是在去除龋坏组织并制成一定洞形的基础上，采用人工材料充填窝洞，以阻断龋病的继续发展，并同时恢复牙齿的形态和功能。洞形制备是充填治疗中的一个重要步骤。洞形的分类目前以G. V. Black分类最为常用，分类如下：Ⅰ类洞：为点隙窝沟内龋损所制备的洞形。Ⅱ类洞：为消除后牙邻面龋损所制备的洞形。Ⅲ类洞：为涉及前牙邻面但未损及切角的洞形。Ⅳ类洞：为涉及前牙邻面及切角的洞形。Ⅴ类洞：为前后牙颊（唇）舌（腭）侧近龈方1/3牙面处所制备的洞形（图13-5-33）。有人在G.V.Black分类的基础上补充提出了Ⅵ类洞（即清除牙尖，牙嵴，冠轴面交界的轴角区的龋损后所制备的洞形）。按照洞形所涉及到的牙面数，洞形又可分为单面洞，双面洞及复杂洞等三种类型。

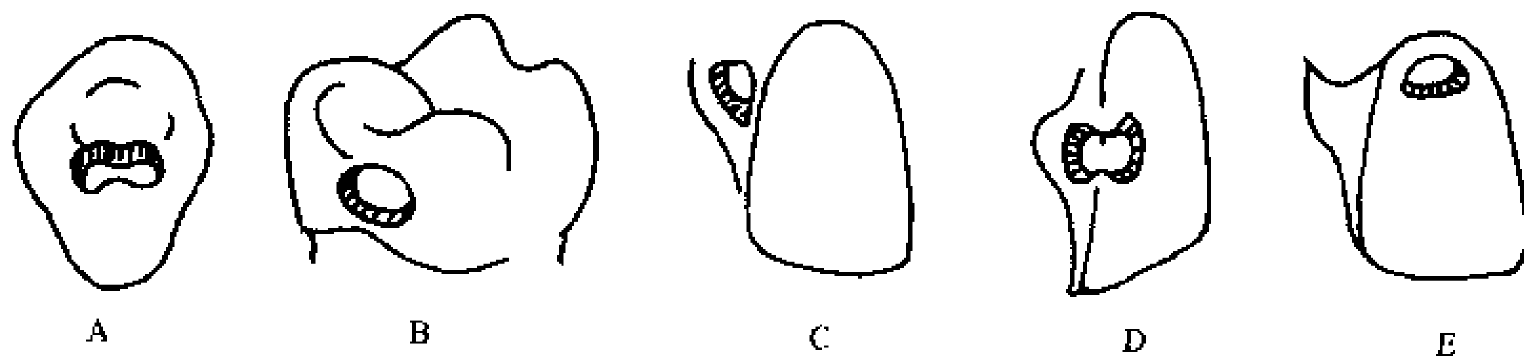


图13-5-33 洞形分类
A：Ⅰ类洞；B：Ⅱ类洞；C：Ⅲ类洞；D：Ⅳ类洞；E：Ⅴ类洞

洞形制备的注意要点：去尽龋坏牙体组织，及龋洞缘已有的无基釉，并应尽量避免在制备洞形时产生新的无基釉；洞的深度在后牙以深达釉牙本质界下0.2～0.5mm为宜，前牙则可深达釉牙本质界的牙本质面；所制洞形的外形作适当的预防性扩展，外形线呈圆缓曲线；洞底宜平，洞底与侧壁的交角宜圆钝。洞形制备的这些要求对洞形获得足够的抗力非常重要，但同时尚需按增强固位的要求制备洞形，根据实际需要，控制洞形侧壁的倾斜度，以及决定是否制备含倒凹形的鸠尾及梯形结构的洞形。

充填过程应当注意的问题：合理地选择充填材料。为保证良好的审美效果，应当优先考虑选择与天然牙颜色容易接近的复合树脂材料充填Ⅲ类洞和Ⅴ类洞；该垫底护髓者不能遗忘；为了健康美观及良好地行使功能，充填后材料应有合适的塑形，不能有悬突及咬合高点，材料的表面应打磨抛光。

（2）牙釉质发育不全的治疗：牙釉质发育不全是指在牙齿发育期间，由于全身疾患，营养障碍或严重的乳牙根尖周感染等原因，致使釉质结构的形成发生异常改变的一种疾病。釉质发育不全的临床表现特征之一为：牙齿颜色的异常改变。由于病因的差异以及病情严重程度的差异，牙齿颜色的改变情况有所不同。如轻度氟牙症，牙面有白垩色条纹或不规则散布的小面积不透明区，当氟牙症加重时，牙面有色素沉积的明显表现，呈茶褐色，棕色或灰黑色。又如四环素牙，如因服用去甲基金霉素所致，则牙面呈镉黄色，如服用土霉素所致，牙面则呈柠檬黄色。四环素牙如其牙釉质发育轻度不全时，上述着色可由于牙釉质丧失透明度而表现为白垩色；如牙釉质严重发育不足，牙本质的原着色则直接从釉质丧失处暴露出来。遗传性牙本质发育不全则呈微黄色半透明状。釉质发育不全临床表现特征之二为：正常牙冠结构的损害。釉质发育不全时釉质缺损，呈带状或窝状。带状缺损，是由于同一时期牙釉质形成全面受到障碍引起的。如反复发生障碍，则会在牙面出现数条并列的带状凹陷。窝状缺损，是由于成釉细胞成组地受到破坏，但其相邻细胞却又继续生存并形成釉质而引起的。

牙釉质发育不全的治疗从两个方面进行考虑。一方面是脱色治疗，另一方面是恢复正常牙冠形态。有关脱色治疗已在着色牙的治疗一节中阐述。牙冠正常形态的恢复方法有：①可见光复合树脂修复法；②冠修复法；③冠贴面修复法。严重的牙釉质发育不全病例，特别是釉质易崩裂及牙齿重度磨耗的遗传性乳光牙，罩冠修复是一种恢复病损牙冠形态及色泽之审美效果的理想方法。常用罩冠有塑料冠类，金瓷冠及全瓷冠等。目前审美效果较佳且较流行的是金瓷冠修复。此外，贴面修复也是另一种可考虑的治疗方法，塑料类及瓷类贴面是目前较常用的两种材料。罩冠修复及贴面修复应注意，所制作或选用的冠以及贴面，应充分考虑到健康牙的颜色或者患者肤色，同时应充分考虑到患者的要求。并尽可能从年龄、性别、性格面型等多方面因素综合地确定修复牙的形态。

（3）楔状缺损的治疗：楔状缺损是多种因素所致的牙齿唇颊侧颈部所形成的硬组织缺损，因缺损外形如楔形而得名。楔状缺损的病因有：①牙体材料疲劳。研究表明颊侧牙颈部为𬌗力应力集中区，此处牙体材料相对容易疲劳和破损。②结构的缺陷。牙颈部釉牙骨质界处的结构较薄弱，容易被磨损。③机械力及化学作用。刷牙（特别是横刷法）被认为是导致楔状缺损的牙体自身因素以外的主要外因，此外，龈沟内的酸性渗出物的化学作用对楔状缺损的形成也有促进作用。

楔状缺损的临床表现：①形态方面：在牙的唇（颊）颈部出现由两至三个面构成的硬组织楔状缺损，少数缺损则呈卵圆形。缺损边缘整齐，光滑而坚硬。有的在缺损区可有色素沉积。缺损区好发于尖牙及双尖牙区，缺损随年龄的增长有加重的趋势。有的楔状缺损的牙齿伴有牙龈退缩现象。②症状：楔状缺损常常引发牙本质过敏症，严重的可伴发牙髓炎，根尖周炎等。

楔状缺损的治疗：①纠正不正确刷牙法。②存在牙本质过敏症，牙髓炎或根尖周炎时，则先进行针对性治疗。③恢复牙齿的形态。可采用玻璃离子粘固粉或复合树脂充填缺损。缺损深者充填前应先垫底。充填前的酸蚀应注意保护暴露的牙本质。当前Dyract复合充填材料及水晶微粒光固复合树脂是较理想的修补材料。

（4）形态发育异常的牙的处理：影响美观的常见形态异常牙有：过小牙（牙体较正常者小，多见于上颌侧切牙），过大牙（牙体较正常者大，多见

于上颌中切牙)，锥形牙（牙齿形态小且呈圆锥状)，融合牙（由两个正常牙胚融合而成，如尖牙与侧切牙融合)，双生牙（其特点是两牙牙冠完全或不完全分开，但有共同的牙根和根管)。形态异常牙的治疗。对过小牙，锥形牙可考虑采用复合树脂或罩冠等进行修复，以恢复其正常形态。对过大牙可考虑适当调磨其外形，缩小其体积，以改善其外观。对融合牙和双生牙，也可通过调改或复合树脂再塑形的方法，改善其外观。

(5) 牙折的治疗：由于牙折常伴有牙体的缺损，因此对口腔的审美造成不利的影响。牙折常由于受外力的直接撞击或咀嚼时意外咬及硬物而引发。牙折按所累及的组织，可分为冠折，根折和冠根折，以牙折线的走向区别，则可分为横折、斜折及纵折三种类型。

牙折的诊断：①牙体组织的缺损。以前牙冠折所造成的牙体缺损最为多见，有时也可见到磨牙牙尖的折断。冠根折牙齿由于牙体组织缺损，常暴露牙髓。②对于根折及后牙的纵向冠根折者，可通过拍摄X光牙片观察牙折线。③有外伤史或牙折前意外咬硬物史。④牙折伤及或激惹到牙髓后，可有牙髓炎症状。根折牙有松动现象，并有叩痛出现。

造成牙体硬组织缺损的冠折和冠根折，对牙体形态审美有不良影响。在此，重点阐述牙折中有关冠折和冠根折的治疗。治疗原则：①脱敏疗法。如果冠折后牙本质已暴露、出现了牙本质敏感症，应注意脱敏治疗。②牙髓的处理。对冠折及冠根折暴露牙髓者，如牙根已发育完成，则可摘除其牙髓，如牙根未完全发育，则在可能的情况下尽量采用活髓切断术，以利牙根继续发育。③牙体形态的恢复。当前牙牙冠仅有切端或切角少许缺损时，可只考虑采用砂针适当修整牙冠的形态，如此就可取得一定的审美效果。当牙冠缺损较多时，可考虑光固化复合树脂或采用罩冠恢复牙体形态。为了修复体的稳固性，有的需要在缺损处做U形钉或L形钉。如冠折或冠根折牙已作了根管充填术，则可在根管内打固位桩，然后再在此基础上进行牙体修复。目前审美效果较好，且已较流行的罩冠是金瓷冠。

三、牙周组织疾病对审美的影响及防治

(一) 牙周组织疾病对审美的影响

1. 破坏牙龈组织及临床牙冠的正常视觉效果　牙龈充血、水肿、增生、萎缩等改变，直接破坏了牙龈正常色泽和形态的美感，同时也改变了临床牙冠的龈方形态及正常的牙冠指数。

2. 破坏有关的节奏美感　牙周萎缩、牙根暴露，牙间隙增宽等改变，既从视觉上破坏了临床牙冠的正常视觉形态，同时也破坏了牙列的有关的节奏美感（牙龈缘弧形形态的重复节奏美感，临床牙冠高度变化的节奏美感等)。

(二) 常见牙周疾病的诊断和治疗

1. 牙龈炎　是指只侵犯牙龈组织而不累及其他牙周组织的一种牙周病，可分为急性牙龈炎和慢性牙龈炎。急性牙龈炎较为少见，其中包含急性坏死溃疡性牙龈炎，急性多发性牙龈脓肿等。慢性龈炎有单纯性龈炎，肥大性龈炎，青春期龈炎及妊娠期龈炎等。由于慢性龈炎较为多见，在此主要讨论慢性龈炎的诊治问题。

(1) 单纯性龈炎（simple gingivitis)：又名边缘性龈炎（marginal gingivitis)，为最常见的牙周疾病。龈缘附近牙面菌斑的长期存在是发生此病的原因。临床表现特点：①一般只累及游离龈和龈乳头，重者也可累及附着龈。②多见于不易清洁的牙区。如下前牙区，上后牙颊侧区，下后牙舌侧区。③患处牙龈充血红肿，龈缘变厚，龈乳头变圆钝肥大。重者可致龈缘糜烂，肉芽增生，龈袋溢脓。④X线片显示无牙槽骨吸收。⑤刷牙或咬物时有牙龈出血现象。单纯性龈炎的防治要点：①长期坚持科学地认真地刷牙，以消除牙菌斑。②消除利于菌斑存积和滞留的因素，如牙齿排列错乱，食物嵌塞，口呼吸、不良修复体等。③发生此病时则应及时进行口腔清洁，清除牙结石及菌斑。④必要时可使用漱口液，如洗必泰含漱液，甲硝唑含漱液等。

(2) 肥大性龈炎（hypertrophic gingivitis)：好发于青少年，为受局部因素刺激所发生的以细胞和胶原纤维的增生以及牙龈增大为特征的慢性龈炎。临床表现特征：好发于上下前牙唇侧牙龈。早期牙龈充血水肿，呈深红或暗红色，易出血。龈缘及龈乳头均呈肿胀样，临床牙冠缩短，有明显龈袋存在。后期龈乳头及龈缘坚韧肥大，质地变硬而有弹性，相对不易出血，颜色暗红或接近正常。治疗要点：①通过口腔洁治等手段消除局部刺激因素，如菌斑，牙结石，口呼吸，错䪼，不良修复体等。为

了达到这一目的，必要时需要与口腔正畸，口腔修复及口腔颌面外科等学科相配合治疗。②恢复正常牙龈形态。对那些纤维性增生明显的牙龈，可通过牙龈成形术恢复其正常形态。

(3) 青春期龈炎 (puberty gingivitis)：发生于青春期少年的慢性非特异性牙龈炎。诊断要点：①发生于青春期的青少年。②多有局部刺激物的存在。如局部正在萌牙，正畸附件的存在等。③好发于前牙的牙龈乳突和龈缘部分，发炎牙龈肿胀、肥大、牙龈点彩消失，牙龈光亮松软易出血，有纤维性增生时，则质地稍硬。治疗要点：①去除局部刺激因素，保持良好的口腔卫生；②局部药物消炎，必要时给予适当的全身用药；③急性症状消退后，如牙龈仍有肥大增生，则可行牙龈切除术。

(4) 妊娠期龈炎 (pergnancy gingivitis)：该病是由于妊娠期女性内分泌的改变，使牙龈在原有炎症的基础上，形成非特殊性的多血管的，增生性的炎症。诊断要点：①龈炎在妊娠期前三个月及后三个月最为明显。②好发于前牙区，以龈乳头处炎症最明显。炎症可累及个别牙，也可累及全口牙龈。③炎性牙龈红肿增大，呈亮红或蓝红色，压之可出现凹陷，易出血。④一般无疼痛。⑤牙间乳头可呈向两侧扩张的扁圆形肥大，带蒂或不带蒂，颜色深暗。这种形态增生的牙龈组织叫妊娠瘤。治疗要点：①清除局部刺激物：如菌斑，牙结石，不良修复体等。②嘱保持口腔卫生。③在采用牙周保守治疗不能恢复正常牙龈形态时，再行牙龈切除术。④应尽量避免全身性用药，以免影响胎儿的健康。

2. 牙龈增生 (gingival hyperplasia) 此处所指牙龈增生是指由药物，遗传等非局部刺激因素所引起的牙龈增生。

(1) 药物性牙龈增生：

诊断要点：①有服用抗癫痫药物（苯妥英钠）的历史。②牙龈增生常发生于全口牙龈，但前牙区较为严重。③不累及无牙区。④增生始于唇、颊侧或舌侧的缘龈部分或牙间乳头。初呈小球状突起，增生的乳头可逐渐增大而相连，严重者可波及附着龈。有时增生的牙龈呈桑葚状或分叶状。⑤牙龈组织质地坚实，呈淡粉红色，有弹性，无痛感及出血现象。⑥由于牙龈增生不易清洁，故多数合并牙龈炎症。治疗要点：①消除局部刺激因素，保持口腔清洁，以消除伴发的牙龈炎症。②在可能的情况下停服或换服抗癫痫药。③手术切除增生的牙龈并修整牙龈形态。如患者不能停服苯妥英钠，则牙龈增生会再复发，必要时需重复作牙龈切除术。

(2) 遗传性牙龈纤维瘤 (hereditary gingival fibromatosis)：该病的病因及机制不明，可能与遗传或内分泌等因素有关。诊断要点：①好发于恒牙萌出（有的也可见于儿童）期，可同时累及上下颌牙龈或只累及单颌牙龈。②为弥散性增生，表面平滑或呈结节状，与正常牙龈颜色相同，不易出血，无痛。③增生的牙龈可覆盖部分甚至全部牙冠，妨碍咀嚼及牙齿的继续萌出。治疗要点：手术切除增生的牙龈组织，但术后易复发。为了保持疗效或延长复发时间，保持口腔卫生是有益的。

3. 牙周炎 牙周炎是累及牙龈及牙周支持组织的慢性炎症性破坏性疾病。以牙周膜、牙槽骨的破坏吸收为主要特征，牙周炎的诊断要点：①望诊：牙龈有程度不同的炎症反应，牙龈的色形质均发生异常改变，其颜色由正常的粉红色变为暗红色，贫血状态呈白色、急性炎症时则呈鲜红色；其外形可呈增生肥大，或呈水肿样。龈缘龈乳头也可退缩变小，以致牙齿间出现间隙，其质地的正常点彩消失，表面变光滑或粗糙。严重者可见到牙周袋溢脓现象。常见患者缺乏良好的口腔卫生。②探诊：探诊的目的是检查牙周袋的深度、形状、范围及所在位置，同时也可探查牙周袋的内容物（如龈下结石，充填物的悬突等）。探诊以选用有刻度标记的探针较为适宜，动作要轻巧，以免伤及牙周组织。牙周袋的形成是牙周炎的重要标志，也是早期牙周炎与牙龈炎鉴别诊断的重要依据之一。③扪诊和叩诊：通过扪诊和叩诊进一步了解牙周组织的病变程度。扪诊可感知到炎性牙龈松软，如牙周袋内有脓液及残渣存在，触压牙周袋壁，脓液和残渣可溢出。通过扪诊和叩诊也可检查出牙齿的松动度。④X线检查：从牙片或全景X线片上可观察到牙周炎患者有牙槽骨吸收情况。牙周炎早期，牙槽嵴顶的硬骨板吸收，前牙区牙槽嵴顶由尖变平，后牙区牙槽嵴顶出现凹陷。牙周炎进一步发展后，牙槽骨进一步吸收，吸收区呈杯状或楔形状，严重者吸收可达根尖。在牙周炎的活动期，尚可见到硬骨板消失或模糊不清以及骨小梁疏松等现象。⑤病史及其他检查：有无𬌗创伤（成人复合性牙周炎伴有𬌗

创伤），家族史（青少年牙周炎的同胞中有50%患此病的机会，以母系遗传为主），病情进展情况（如青少年牙周炎牙周破坏速度快，在4～5周内，牙周附着受损就可达50%～70%，早期即可出现牙齿松动移位，年轻时牙齿就自行脱落或需拔牙），全身健康状况（致全身免疫力下降的全身性疾病，如糖尿病，可促进牙周炎的发展）。

牙周炎可能伴发的并发症。常见的并发症有：牙周脓肿，牙周-牙髓联合病损，根分叉损害，牙周萎缩。牙周脓肿是牙周袋内或深部牙周组织中的局限性化脓性炎症。引发牙周脓肿有多种途径，其中牙周炎晚期牙周袋内壁深部化脓性感染物不能顺利溢出而向深部结缔组织扩展，是引起牙周脓肿的常见原因之一。牙周-牙髓联合病损有三种情形，其一是牙髓病通过侧支根管或根尖孔等感染途径引发牙周炎，但牙周炎往往只局限于患者牙髓炎的病牙，牙周袋窄而深，患牙常同时有深龋等牙体病变。其二是牙周炎也通过侧支根管或根尖孔等途径刺激或感染牙髓，而形成逆行性牙髓炎。这种情况，患牙往往不存在牙体病变，牙齿常有松动，牙周袋较深，牙周炎常不局限于个别牙。牙周炎的病变波及多根牙的根分叉区，则可引发根分叉病变。临床上可探得深达根分叉处的牙周袋，可查到其中的脓液或脓血。根分叉病变较轻时，X线片检查根分叉处的骨质可没有吸收现象，但进一步发展后，则可有骨质吸收，乃至根分叉区根尖骨隔完全破坏。牙周萎缩是指牙齿的支持组织广泛性退缩现象。牙周萎缩后，牙根不同程度地暴露，牙齿间出现缝隙。牙周萎缩的原因至今未能完全了解。但一部分病例与牙周组织长期受到各种损伤和刺激有关，多数病例与牙周炎后造成的组织破坏有关。当严重的牙周炎得到治疗以及口腔卫生得到改善后，牙周袋壁软组织往往发生退缩。

牙周炎的治疗要点：①清除局部刺激因素并控制炎症。通过龈上洁治及龈下刮治术清除口内菌斑，牙结石，以及牙周袋内感染物并平整根面。经过上述机械性处理，牙龈的炎症和肿胀就会减轻，牙周袋变浅，变紧。为了加快康复，对牙周袋深，炎症较严重及有肉芽增生的患者，可在牙周袋内置放抗生素类药物。目前临床上较常用的有复方碘液，缓释剂型抗菌消炎药（如甲硝唑等）。②牙周手术。对牙周袋深，根面结石不能通过龈下刮治得到彻底消除，而炎症不能得到明显控制的，则应考虑牙周手术。牙周手术目的就是在直视下彻底消除牙结石及感染物，修整齿槽骨外形，切除患根，并修整软组织的形态。常用的牙周手术有龈翻瓣术，膜龈手术，牙周骨手术，根分叉病变手术等。③牙周炎伴发病变的相应治疗。④全身用药。牙周炎严重者，可考虑全身用药，常用的口服药有甲硝唑（0.2g，每日3～4次，服用1周），螺旋霉素（0.2g，每日4次，服用1周）。对伴有糖尿病，贫血，消化道疾病等降低机体免疫力的全身性疾病，有必要作相应的全身性治疗。⑤给患者以必要的口腔卫生维护知识的介绍，嘱进行必要的定期复查。

4．常见的牙周病治疗方法介绍

（1）牙周组织自我保健：刷牙是牙周组织自我保健最常用的手段。每天坚持刷牙2～3次，至少早晚各1次，常用的刷牙方法有竖转动法和水平颤动法两种。必要时辅用牙线、牙签等清洁工具。自我保健的目的是：①防止牙面软垢、菌斑的堆集以及色素物的沉积，预防或减少龋病及牙周病的发生，利于维护牙体及牙周组织正常的形态外观及功能。②按摩牙龈组织，促进牙周组织的血液循环，从而利于牙周组织的健康。在使用刷牙、牙线及牙签等自我保健措施尚不能保证牙体及牙周组织的清洁时，定期的口腔洁治是必要的。

（2）非手术治疗恢复正常的牙周组织形态和功能：非手术治疗包括洁治术及药物的配合使用。龈上洁治的目的是采用龈上洁治器具（如超声波洁牙机、手用洁治器等）去除龈上结石及菌斑，并磨光牙面，防止菌斑和牙石的再沉积。龈下洁治的目的是采用龈下洁治器具清除牙周袋内的结石。所用器具仍为超声波洁牙机（但机头应更换为较狭长略细尖的工作头）和手用洁治器（为龈下洁治专用）。根面平整术是去除龈下洁治难以消除的病理性根面组织及嵌埋于牙根牙骨质表面的牙结石。洁治术常需与局部和全身用药相结合，才能达到更有效治疗牙周炎以及促进恢复牙周组织正常形态和功能的目的，常用的全身性药物有：四环素（剂量250mg，每日4次，连服2周）、螺旋霉素（剂量200mg，每日4次，连服1周）、甲硝唑（剂量200mg，每日4次，连服1周）。常用的局部用药有：漱口剂（种类繁多，常用的有2%盐水液、0.12%～0.2%洗必泰等）、碘氧治疗（先将碘化钾晶体置于牙周

袋内，并注入3%双氧水数滴即可）、消炎收敛药物（碘甘油、碘酚等）、氧化疗法及控释抗菌药物（如四环素药管、甲硝唑药膜、甲硝唑棒等）。

（3）手术治疗对恢复正常牙周组织形态功能的作用：手术治疗的目的是彻底清除病灶，力争恢复正常牙周组织的形态和功能。常见手术治疗有：牙龈切除术（切除肥大增生的牙龈组织或病理性牙周袋）、袋壁刮洁术（用手术器械刮除牙周袋内感染的组织）、切除性新附着术（手术切除袋内壁和袋底的感染组织）、翻瓣术（目的是清除牙周袋内感染物及平整根面）、膜龈手术、牙周骨手术、截根术、半牙切除术以及近几年开展起来的引导组织再生术（guided tissue regeneration，GTR）。GTR是在翻瓣术的基础上，利用四氟乙烯膜和微孔滤膜等人造材料引导和促进新鲜牙周组织的生长的一种方法。该方法的某些缺陷（如膜的固定、缺损处膜对空隙的有效维护等）有待进一步改善。

（4）松牙固定：松牙固定是将松动的牙齿与相邻稳固健康的牙齿相连接形成一个咀嚼整体，以利于分散松牙所承担的𬌗力及其他方式的受力，达到保护松牙以及促进牙周组织恢复健康的目的。

松牙固定术。适应证：外伤、𬌗创伤或牙周炎等所引起的松动牙，且松牙牙槽骨的吸收未超过牙根长度的2/3，估计有保留价值者。牙周固定夹板的种类。可分为临时夹板，半永久性夹板和永久性夹板三个种类。临时夹板：如光敏树脂粘合夹板及正畸附件固定夹板。光敏树脂粘合夹板是利用松牙临面间的光敏复合树脂将松牙彼此粘在一起的治疗方法。正畸附件固定夹板是利用松牙唇面锁槽与弓丝间的紧密结扎和锁结而达到固定的目的。临时夹板较适用于先前已作过基本治疗的外伤及急性炎症引起的松牙固定。半永久性夹板：较常用的是钢丝结扎与复合树脂粘结相结合的夹板。该方法的特点是首先利用正畸结扎丝将松牙与两端较稳固的牙之间作连续性结扎，然后再利用复合树脂覆盖结扎丝连续粘结各牙。永久性夹板：包括固定冠桥连体，根管种植术以及夹板式可摘义齿等。

（5）义龈美容修复：严重的牙周病常导致牙周组织的大量破坏吸收，引起牙根外露，导致牙本质敏感症、食物嵌塞、发音不准、牙齿松动、牙列外观异常等现象的出现。义龈美容修复的目的在于：①改善牙列的外观。制作义龈后，一方面从颜色和形态上模拟恢复正常牙龈的外观，另一方面修复了义龈后，从视觉上恢复了正常临床牙的冠根比例，可以有效地恢复牙列的正常美感。②促进牙齿及牙周组织的健康。义龈可有效地防止水平食物嵌塞、减轻或消除牙本质敏感症及稳固松牙。③改善口腔功能。义龈在填充牙周空隙后，可以有效地改善发音的准确性；由于义龈使松牙获得固定，因而可以改善咀嚼功能。义龈制作及注意要点：①先在模型上制作义龈的蜡型，再如同制作活动义齿那样，将它置换成热凝胶义龈，常规打磨抛光。磨去进入牙齿邻间倒凹部分的义龈，调磨义龈组织面与牙龈压痛点的对应区，磨钝边缘，缓冲上唇系带及粘膜转折处。②义龈制作应在牙周病情得到稳定和控制的情况下进行。③采用仿生义齿牙托粉制作义龈可获得更逼真的美学效果。

（包柏成）

参考文献

1. 艾克海，西北地区五民族的牙型、牙弓型、面型调查分析．中华口腔科杂志，1985，20(1):41
2. 包柏成，赵美英，罗颂椒．正常𬌗的节奏美．华西口腔医学杂志，1994，12(4):321
3. 包柏成，于蜀良，谭劲等．计算机辅助多环境下运行的容貌正侧面软组织测量分析系统的开发及应用Ⅲ．含极坐标表达的广东籍汉族正常成人容貌侧面软组织特征的测量分析．华西口腔医学杂志，1998，16(2):172
4. 陈安玉主编．口腔种植学．第一版．成都：四川科技出版社，1989
5. 陈扬熙，张德福．哈尔滨市100名正常𬌗儿童侧貌的X线头影测量研究．中华口腔医学杂志，1985，20(1):45
6. 池泽康郎主编．人体美学．昆明：云南人民出版社，1989
7. 郭天文．口腔颜面美学医学．西安：世界图书出版公司，1997．246～265
8. 何伦，方彰林主编．美容医学心理学．北京：北京出版社，1998．27～36
9. 胡林，王大章，詹淑仪等．计算机莫尔等高条纹对颜面形态的三维测量分析．华西口腔医学杂志，1988，6(1):13
10. 刘侃，钱云良，潘可风主编．美容医学（颌面部）．上

海：上海科学技术出版社，1997．4～5，34～38，105～108，134～142
11．鲁开化，艾玉峰．临床美容整形外科学．西安：世界图书出版公司，1998．21～28
12．潘可风．笑容与容貌美学．医学美学与美容学杂志，1994．1（2,3）：75
13．邱蔚六主编．口腔颌面外科学．第三版．北京：人民卫生出版社，1995．109～116，426～429
14．四川医学院．口腔矫形学．北京：人民卫生出版社，1980．105～116
15．宋儒耀，方彰林主编．美容整形外科学．增订版．北京：北京出版社，1992．230～545
16．孙廉．美学与口腔医学美学．北京：北京协和联合出版社，1991
17．孙少宣主编．口腔医学美学．合肥：安徽科学技术出版社，1994
18．童学荣，李兰超，缪耀强等．广东人正常 𬌗 侧貌软组织的X线头影测量研究．广东牙病防治，1996，4（1）：5
19．王兴，张震康，王洪君．中国美貌人群颜面结构相互关系的三维测量分析．中华口腔医学杂志，1991，26（2）：67
20．徐于，马明主编．美学初步．成都：四川人民出版社，1984
21．杨辛，甘霖，刘荣凯主编．美学原理纲要．北京：北京大学出版社，1989
22．于晓惠．软组织侧貌X线头测量分析（综述）．国外医学口腔医学分册，1987，2：93
23．张江恒，陈扬熙，周秀坤．普通成人微笑位的摄像测量研究．中华口腔医学杂志，1997，32（4）：230
24．张举之主编．口腔内科学．第三版．北京：人民卫生出版社，1997．45
25．张其亮主编．医学美容学．上海：上海科学技术出版社，1996．44～62，161～222
26．张雄．牙根外露后的美容修复——义龈．华西口腔医学杂志，1994，12（3）：204
27．张震康．论正颌外科的颌成形术容貌美．中国口腔医学年鉴，1998（3）：328
28．郑立舸．上颌中切牙唇面的形态分区及其美学特征．华西口腔医学杂志，1995，13（1）：64
29．周大成著．中国口腔医学史考．北京：人民卫生出版社，1991．186～212
30．周嫣，徐孔礼，彭利辉等．240名广西壮族正常 𬌗 人软组织侧貌计算机辅助X线头影测量研究．临床口腔医学杂志，1997，13（4）：221
31．Bustone CJ．Integumental contour and extension patterns．Angle orthod．1959，29（2）：93．
32．Bustone CJ．Lip posture and its significance in treatment planning．Am．J．Orthod．1967，53（4）：262
33．Furnas DW．The nefaining ligments of the check plast．Reconstr Surg．1989，83：11
34．Hamra ST．Composite rhytidetomy．Plastic Reconstr Surg．1992．90：1
35．Haywwood VB，Leonard RH，Nelson CF，et al．Effectiveness，side effects and long-term status of nightgurd vital bleaching．J Am Dent Assoc，1994，125：1219～1226
36．Mc Carthy JG．Plastic Surgery．Philadelphia：WB Saunders Company，1990
37．Merrifield LL．Profile line as an aid in critically evaluating facial esthetics．Am．J．Orthod．1966，52（10）：804
38．Neger M．A quantitative method for the evaluation of the Soft-tissue facial profile．Am．J．Orthod．1959，45（10）：738
39．Parel S，Tjellstrom A．The United states and Swedish experience with ossisontegration and facial prostheses．Int J Oral Maxilliofac Implants，1991；6：75
40．Peck H，Peck S．A Concept of facial esthetics．Angle orthod．1970，40（4）：284
41．Riedel RA．An analysis of dentofacial relationships．Am．J．Orthod．1957，43（2）：103
42．Reid JS．Tooth color modification and porcelain veneers quinitessence．1988，19（7）：47
43．Rober M．Gibson．Smiling and facial exercise．Dental Clinics of North America，1989，33（2）：139
44．Schnitman PA．Implant dentistry：where are we now? JADA，1992，124：39～50
45．Subtelny JD．A Longitudinal study of soft-tissue facial structures and their prefile characteristics，defined in relation to underlying skeletal structures．Am．J．Orthod．1959，45（7）：481

第十四篇

CHINESE STOMATOLOGY

口腔材料学

主编　陈治清

作者　林　红　赵信义　陈治清　张彩霞
张　敏　徐东选　管利民

第一章 总 论

第一节 概 述

口腔医疗活动历来与口腔材料的应用几乎是同时产生和发展的。因为口腔疾病是发生在牙齿及其周围组织上，其发展后果，或多或少地造成这些组织的缺损或缺失，而治疗手段至今仍主要是以各种天然或人工材料去恢复被破坏部分的形态与功能。即使是先天或后天性畸形的矫治或预防保健工作，均需使用各种材料达到或完善防治目的。而不同的材料仅适用于特定的用途，因此，对于不同种类的修复治疗工作，应该选择合适的材料。选择的基础，首先是遵循生物医学的原则，并充分地了解各种材料的成分及其所具有的主要理化及生物学性能等基本知识。当然，修复效果又与能否正确使用材料密切相关。而合理的操作程序的制定和实施，也同样是基于对各种材料特性的了解。因此，一名优秀的口腔医师应该掌握口腔临床医学知识和口腔材料的基础知识以及熟练的应用技术，否则对修复过程及其发生的各种现象和问题，只知其然而不知其所以然，难以提高修复水平和达到主动创新的目的。

由于各科学技术领域之间明显地存在着相互促进和相互依赖的关系，因此口腔材料学是随整个科学技术的进步而发展，而口腔医学又随口腔材料的更新而发生巨大的变革，尤其受到材料科学、物理学、化学、生物学以及口腔基础科学的直接影响。世界各国对口腔材料学的研究和应用不断深入，探讨的领域日益扩大，相信在不久的将来，一批性能独特而崭新的口腔材料及制品将展现在口腔医师的面前，将给临床治疗技术带来新的突破。所以，口腔材料学不仅在口腔医学中占有特殊的重要的地位，而且对其他学科的发展也同样起到积极的促进和推动作用。

一、口腔材料学的发展简史

口腔医疗的实践活动早在公元前已经开始，而口腔材料的应用可以说是与之同时发生的。口腔材料的最早应用可以追溯到2500年以前。例如在公元前700年至500年已开始用黄金制造牙冠及桥体。公元1世纪罗马的Celsus在拔除龋齿之前，曾用棉绒、铅和其他物质充填大的龋洞，以防在拔牙过程中牙齿破碎，这可能是最早的龋洞充填材料。在中国唐代（公元7～10世纪），有用银膏补齿的记载。银膏的主要成分是银、汞和锡，它与现代的银汞合金很相似。据记载，公元1050至1122年间，人们用研碎的乳香、明矾和蜂蜜充填龋洞。大约在1480年，意大利人Johannes Arculanus开始用金箔充填龋洞，这是修复领域中的又一进步。1548年Walter Herman Ryff撰写第一部口腔医学专著，它对口腔修复材料的发展产生了重要影响。

18世纪口腔医学的发展加快。有人认为，可以将1728年Pierre Fauchard发表专著视为现代口腔医学的开端。该著作涉及口腔医学的许多领域。也描述了当时采用的各种修复材料及操作技术，其中包括用象牙制做义齿的方法。其后，于1756年描述了用蜡制取口腔印模，并用煅石膏（plaster of Paris）灌注模型。1770年Jean Darcet开始将低熔点合金用于口腔。1792年法国人De Chemat获得了瓷牙制作方法的专利，它导致了19世纪初叶瓷嵌体的问世。

显然，现代所采用的许多修复材料及其辅助材料在过去都曾经被使用过，但是有关的科学原理直至最近才得以建立。在过去，它们的使用完全是一种手工技艺，而唯一的“实验室”是患者的口腔。

19世纪中期银汞合金的研究引起了人们的极大兴趣，至今它仍然不失为一种最重要的后牙充填材料。在此期间也出现了一些有关陶瓷和金箔的研究报告。这些散在的学术成就直至Gv Black于1895年开始的卓越的研究工作才得以完善。19世纪中期氧化锌丁香酚水门汀和磷酸锌锌水门汀相继出现，且一直沿用至今。19世纪中叶开始采用硫化橡胶制作义齿基托，它延用了近90年，直至

1937年才逐渐被甲基丙烯酸酯基托所取代。

进入20世纪以来，口腔材料发展的特点是对各种已经被采用的材料进行精制和改进，并开始为了明确的目标进行化学合成和物理改性。在此期间，丙烯酸酯树脂取代硫化橡胶制作总义齿和局部义齿基托；用非贵金属铸造局部义齿基托和修复体；不锈钢制作正畸矫治器以及各种弹性印模材料的应用等等，都大大地促进了口腔临床治疗技术的提高。1937年出现的丙烯酸酯树脂基托材料是合成高分子材料在口腔医学领域应用的最早实例。1960年聚羧酸水门汀问世，1971年美国学者Wilson综合了磷酸锌水门汀和聚羧酸水门汀的优点而开发出玻璃离子水门汀。1963年美国学者R.L.Bowen取得口腔复合树脂的专利。在复合树脂的应用逐渐扩大的同时，合成树脂类口腔粘接剂及粘接技术也迅速被开发。1940年纯钛和钛合金出现，由于它具有优良的组织相容性而引起医学界的重视。1960年多孔氧化铝陶瓷及其组织学研究报告的发表，1978年羟基磷灰石等生物陶瓷作为植入材料应用于口腔临床，促进了模拟人体组织成分和结构材料的发展.

二、口腔材料的分类

口腔材料的品种繁多，从科研、应用和教学的不同角度，可采用不同的分类方法。通常有以下几种分类方法。

（一）按材料性质分类

1. 有机高分子材料
2. 无机非金属材料
3. 金属材料

（二）按材料用途分类

1. 印模材料　用于记录牙齿和口腔软组织的解剖形态及其关系的一类材料。

2. 模型材料　用于制作各种口腔模型的材料。

3. 义齿材料　在修复缺损的牙体或缺损、缺失的牙列的过程中，用于制作人造牙、基托、固位体、连接杆、冠、桥及嵌体的材料。

4. 充填材料　主要指治疗龋病时用于充填窝洞的材料。

5. 粘接材料　用于口腔软、硬组织与塑料、金属以及陶瓷等材料之间进行粘接的材料。

6. 种植材料　用于制作口腔种植体的材料。

7. 齿科预防保健材料　用于预防牙体组织疾病及损伤的材料。

此外还有衬层材料、颌面修复材料、包埋材料、磨平抛光材料等等。

（三）按材料与口腔组织的接触方式分类

直接、暂时与口腔组织接触的材料

直接、长期与口腔组织接触的材料

间接与口腔组织接触的材料

（四）按材料的应用部位分类

1. 非植入人体的材料。
2. 植入人体的材料。

三、口腔材料的标准和标准化组织

口腔材料的标准（或称质量规格）是评价特定的口腔材料性能的技术文件。即对某种材料的性能提出具体的技术要求，当某种材料的质量标准确定之后，各生产厂家要向有关的质量管理部门申报，经测试确实符合标准后，方可给予注册、投放市场。而口腔医师必须对这些标准所提出的各项要求有全面的了解，才能充分发挥该材料的临床效果。

口腔材料的第一项标准是由美国国家标准局于1920年制定的银汞合金标准，口腔医学界对该标准予以充分的肯定和接受。因此美国口腔协会（American Dental Association）率先开始进行了这一领域的工作。自从1928年以来，已经制定66项美国口腔协会标准。而且标准的数目仍在增加，以包括那些目前尚未制定质量规格的材料和器械。此外，现有的技术规格也需要定期修订，以适应产品制造技术的改变以及有关知识的更新。例如美国口腔协会的口腔银汞合金标准（ADA1号标准），已经过5次修订。

多年以来，人们一直对建立国际水平的口腔材料标准寄予极大兴趣。国家口腔联盟（FDI，Federation Dentaire Internationale）和国际标准化组织（ISO，International Standards Organization）等机构均为此目标进行了大量工作。FDI首先积极地支持制定口腔材料国际标准的项目计划，并制定了9项口腔材料和器械的技术规格。ISO是一个国际性的、非政府性的组织，它的主要目标是制定国际级的标准。ISO由84个国家的标准化组织构成。中国国家技术监督局代表中国作为ISO的成员。鉴

于FDI的口腔材料技术规格常常被误认为是ISO标准，在FDI的建议下，ISO成立了口腔技术委员会，即ISO/TC106-Dentistry，作为ISO的分支机构。该委员会的责任是为各种口腔材料、器械和设备制定标准化的专业技术术语、测试方法和质量规格。这些技术规格对于口腔医学的贡献是巨大的。它们为口腔医师提供了正确而可靠的选择标准，只要口腔医师选用符合标准的产品，而且操作得当，就可能得到满意的临床效果。

中国是国际标准化组织口腔技术委员会ISO/TC106-Dentistry的正式成员。全国口腔材料和器械设备标准化技术委员会（简称TC99）成立于1987年12月，它承担与ISO/TC106对口的业务工作。该委员会负责我国口腔材料和器械设备的国家标准和行业标准的规划、制定和管理等项工作。我国现已制定口腔材料国家标准9项，此项工作仍在继续开展之中。其他国家也有相应的负责开发和验证标准的组织机构。例如英国、澳大利亚、加拿大、日本、法国、捷克和斯洛伐克、德国、以色列、印度、波兰、南非和瑞典等。另外，根据瑞典、丹麦、芬兰、挪威政府间的协议，成立的北欧口腔标准研究所（NIOM）负责用于这四个国家的口腔材料和器械设备的检测、验证和研究工作。

口腔材料已广泛地应用于口腔医学的各个分支领域，在口腔临床治疗过程中，尤其是口腔修复工作中，修复治疗效果在很大程度上更加依赖于各种口腔材料。口腔材料学已经取得的进展表明，它对于整个口腔医学在基本概念、理论及实践中均发挥了重要作用。现阶段口腔材料学的教学与研究及其临床应用，与10多年前的情况相比较，使我们强烈地感到这个学科领域正处于非常活跃的时期，并取得很大进展。但现在人类仍然还面临着如何以生物学的标准设计新的口腔材料，如何按人体的要求修复和替代缺损缺失的口腔软硬组织的形态与功能问题，这一边缘学科的进一步发展还有待口腔材料工作者和口腔临床医师共同作出不懈的努力。

第二节　材料的性能

口腔材料的良好性能是临床应用安全有效的重要保证。临床实践和实验室研究证明材料的临床效果和材料的性质有着十分密切的关系。为了保证材料符合临床要求，ISO/TC 106及各国标准化组织研究制定了口腔材料的技术标准。

一、物理性能

（一）尺寸变化

修复体在口腔环境内及在制作修复体的过程中，修复体、修复材料及其辅助材料由于物理及化学因素的影响，可能会产生程度不同的形变，称为尺寸变化。因此材料如印模材料、模型材料的尺寸稳定性对提高修复体的制做精度有重要意义。充填材料在固化期间的尺寸变化对充填体与窝洞之间的密合性也有很大影响。因此在研制印模材料、模型材料和充填材料时必须努力减少使用过程中的尺寸变化。尺寸变化通常用长度（或体积）变化的百分数来表示。

（二）线胀系数

线胀系数是表征物体长度随温度变化的物理量。它是指当物体有微小的温度变化dT时，物体的长度改变dL，则长度的相对变化dL/L除以温度的变化dT，符号为α_L。线胀系数的单位为每开［尔文］或负一次方开［尔文］，符号为K^{-1}。

体胀系数是表征物体体积随温度变化的物理量。它是体积的相对变化dV/V除以温度的变化dT，符号为α_V。体胀系数的单位为每开［尔文］或负一次方开［尔文］，符号为K^{-1}。

多数物质的长度（或体积）随温度的升高而增大。这是由于温度升高使分子（或原子）热运动振幅增大，位能增加的缘故。位能增大，分子平均距离增大，宏观表现为长度（或体积）的增大。口腔材料的线胀系数对临床应用有很大影响。模型材料的线胀系数直接影响铸造修复体的精度。充填体同牙体线胀系数的差别，会在窝洞的束缚下产生热应力，久而久之会使充填体产生微裂或在充填体与窝洞之间产生缝隙。唾液会时而进入微裂或缝隙，时而又被挤出，持续下去会刺激牙髓引起牙髓炎。表14-1-1中列出人牙及一些口腔材料的线胀系数。

（三）热导率（导热系数）

导热是以热量进行能量传递的一种形式。热导率是量度材料导热性能的物理量，又称导热系数。

其定义为面积热流量除以温度梯度。符号为 λ (*k*)，单位是瓦［特］每米开［尔文］，符号为 W/(m·K)。热流量是单位时间内通过一个面的热量，单位为瓦［特］，符号为 W；面积热流量为热流量除以面积，单位为瓦［特］每平方米，符号为 W/m^2。热导率是热传导中最常用的一个量。表 14-1-2 列出牙釉质、牙本质及一些口腔材料的热导率。

表 14-1-1 人牙及一些口腔材料的线胀系数

材 料	线胀系数（$\times 10^{-6}K^{-1}$）
人牙	10～15
冠	11.4
根	8.3
牙釉质	11.4
牙本质	8.3
银汞合金	22～28
复合树脂	14～50
金合金	12～15.5
陶瓷	4～14
长石质陶瓷	6.4～7.8
体瓷及不透明瓷	12.4～16.2
嵌体蜡	260～1000
硅橡胶印模材料	109～210
窝沟封闭剂	70～100
丙烯酸树脂	70～100
钴-铬合金	14.1～14.7
镍-铬合金	14.1～15.9
钯基合金	14.2～15.2
汞	60.6
氧化锌丁香酚水门汀	35
银	19.2
铜	16.8
金	14.4
铂	8.9
钛	11.9
钛合金	12.4
玻璃离子水门汀	10.2～11.4

在牙体修复时，接近牙髓的部位必须选用热导率低的材料，以隔绝温度变化对牙髓的刺激。磷酸锌水门汀和氧化锌丁香酚水门汀的热导率同牙齿硬组织相近，因此在较深窝洞中，用这类材料垫底可起隔热作用。此外复合树脂和不加填料的丙烯酸树脂，从导热性能来讲也可以直接充填较深窝洞，而银汞合金由于热导率远远大于牙齿硬组织，故需用氧化锌丁香酚水门汀垫底后才可充填。

（四）流电性

在口腔环境中存在异种金属修复体相接触时，由于不同金属之间的电位不同，将会出现电位差，导致微电流产生，这种性质称为流电性（galvanism），该现象称为流电现象。流电现象产生的原理同原电池原理。

表 14-1-2 牙釉质、牙本质及一些口腔材料的热导率

材 料	热导率（W/(m·K)）
牙釉质	0.87～0.92
牙本质	0.59～0.63
银汞合金	23
复合树脂	1.1
金合金	297.3
丙烯酸树脂	0.21
陶瓷	1.05
磷酸锌水门汀	1.17
氧化锌丁香酚水门汀	0.46
银	385～421
铜	370～384
金	297
铂	69.8

例如，铝冠和金冠在和唾液接触时伴随溶解其电位分别为 1.33V 和 -1.26V，所以铝冠和金冠之间电位差为 2.69V。当铝冠和金冠接触时，相当于电池两极短路，有较大的电流产生即流电现象，病人感到极不舒服。此时两冠之间的电位差下降为零；溶解继续进行，直到电位差达到 2.69V 时为止。两冠接触再次产生流电现象。这样溶解、流电现象不断产生，金属修复体会不断被锈蚀（为电化学腐蚀）。因此这种现象在临床中应尽量避免。其他材料（表 14-1-3）之间也会发生类似现象。此外同一金属修复体由于加工中金属污染或不同部位所含各类元素浓度不同也会发生上述现象。此外银汞合金充填体在口腔中与硫化物、氯化物反应所引起的锈蚀、失去光泽、变色等现象也属于流电现象。

（五）表面张力

表面张力是扩张表面单位所需的力，其单位为每米牛（N/m）。

表面实质上是界面。液体的表面指液体与空气的界面，固体的表面指固体与空气的界面。一般液体的表面张力，是指以空气与该液体为界面（液-气）的表面张力，记为 r_{LV}。固体的表面张力，是指以空气与该固体为界面（固-气）的表面张力，记为 r_{SV}。固体与液体所形成的界面（固-液）的表面张力则为 r_{SL}。

表 14-1-3　某些材料的电位

元素	化合价	电位（V）
金	Au^{+}	+1.50
金	Au^{2+}	+1.36
铂	Pt^{2+}	+0.86
钯	Pd^{2+}	+0.82
汞	Hg^{2+}	+0.80
银	Ag^{+}	+0.80
铜	Cu^{+}	+0.47
铋	Bi^{3+}	+0.23
锑	Sb^{3+}	+0.10
氢	H^{+}	0.00
铅	Pb^{3+}	−0.12
锡	Sn^{2+}	−0.14
镍	Ni^{2+}	−0.23
镉	Cd^{2+}	−0.40
铁	Fe^{2+}	−0.44
铬	Cr^{2+}	−0.56
锌	Zn^{2+}	−0.76
铝	Al^{3+}	−1.70
钠	Na^{+}	−2.71
钙	Ca^{2+}	−2.87
钾	K^{+}	−2.92
钴	Co^{2+}	+0.277
锂	Li^{+}	−

液体在固体表面扩散的趋势称为液体对固体的润湿性，可由液体在固体表面的接触角（θ）的大小来表示。过液滴与固体表面接触作切线与固、液界面之间的夹角 θ 称为接触角。三种表面张力与接触角的关系如下：

$$r_{SV}=r_{SL}+r_{LV}\cdot\cos\theta$$

式中：r_{SV} 固-气的表面张力

r_{SL} 固-液的表面张力

r_{LV} 液-气的表面张力

θ 液体在固体表面的接触角

若 $0<\theta\leqslant90°$，$r_{SV}>r_{SL}+r_{LV}$，则液体的润湿性好；

$\theta=0$，$r_{SV}=r_{SL}+r_{LV}$　则固体被液体完全润湿；

$\theta>90°$，$r_{SL}>r_{LV}+r_{SV}$　则液体的润湿性差；

$\theta=180°$，$r_{SV}=r_{SL}$　则液体完全不润湿。

润湿是粘接的必要条件。牙体的粘接材料，如牙釉质粘合剂，或牙体质粘合剂，对牙体组织应有较好的润湿性。

（六）色彩性

口腔修复不仅要恢复软硬组织的形态和功能，而且对审美的要求更高。掌握色彩的和谐性，获得美感，是非常重要的。

颜色由非彩色和彩色构成。彩色指除黑白以外的所有颜色。彩色由三个特性构成：

色调：又称色相、色别，为颜色的名称，是彩色彼此划分的特性，如红、蓝、绿。

彩度：又称饱和度，指颜色的纯度。

明度：又称明亮度，反应物体对光的反射性。

非彩色只有明度的差别。

颜色的测定一般采用分光光度色彩计、光电色彩计和视感色彩计等测定，以及用比色板进行比色。

常用三种方法对颜色进行描述：①颜色名词（如朱红、橙黄）；②色卡、色片、比色板（用各种颜色组合制作色卡、色片、比色板，按一定分类顺序编号排列，通过字符和数码传递颜色信息）；③CIE标准色度系统。对口腔材料颜色的定量描述常用 CIE 标准色度系统及孟塞尔系统。

作为口腔医师，应根据患者的性别、年龄、职业、习惯以及皮肤、粘膜、牙齿的颜色、光泽、透明性等要求，在不同光源、光线和位置的环境中，采用相适应的材料进行修复，才能获得人体的自然美。

二、机械性能

口腔修复体或充填体在咀嚼时受到外力作用，尽管在一般状况下，其外力为零，然而外力仍使它们发生形变。按照分子运动论的观点，形变是分子之间距离发生改变的宏观现象。分子距离减小产生斥力，分子距离增大产生引力。这些引力或斥力的矢量和为内力。内力与外力共同保持受载状态下的平衡。内力和外力总是大小相等方向相反。所以通过外力的研究来了解内力的规律是普遍采用的方法。

从分析牙齿咀嚼力出发，研究修复体和充填体的机械性能有重要的临床意义。

（一）应力

应力是描述物体内部各点各个方向的力学状态。单位面积所受的内力即为应力。若外力均匀且垂直作用于受力面上，应力可简化为：

$$\sigma=F/S$$

式中：F 外力（N）

S 受力面积（mm^2）

σ 应力（MPa）

（二）应变

应变是描述材料在外力作用下形状变化的量。通常研究的是线应变，可表示为：

$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$

式中：ε 应变

ΔL 长度增量（mm）

L_0 指定参考状态下的长度（mm）

应变可以绝对值或百分比表示，如 0.01 或 1%。

（三）弹性模量

弹性模量是量度材料刚性的量，也称为杨氏模量（Young modulus），由下式表示。

$$E = \sigma_E / \varepsilon_E$$

式中：E 弹性模量（Pa）

σ_E 弹性极限应力（Pa）

ε_E 应变

弹性模量与材料的组成有关，弹性模量越大，材料的刚性越大。从表 14-1-4 可以看出金合金的弹性模量和牙釉质相近，磷酸锌水门汀和牙本质相近。无填料的丙烯酸树脂和氧化锌丁香酚水门汀的弹性模量小，显柔性。金合金、银汞合金、磷酸锌水门汀弹性模量较大，适于作为修复材料或充填材料，可防止咀嚼产生的应力使修复体或充填体出现过大的变形。无填料的丙烯酸树脂呈一定柔性，用来制做义齿基托能与口腔组织有较好的机械相容性。

（四）屈服强度

当材料受到应力开始表现出塑性，即卸载后应变不能完全恢复时，不能恢复的应变为永久应变。此阶段又称为屈服阶段，所对应的应力值称为屈服应力或屈服强度，记为 σ_Y。表 14-1-5 列出了一些材料的屈服强度。

（五）极限强度

在材料出现断裂过程中产生的最大应力值称为极限强度，记为 σ_A。它是材料在破坏前所能承受的最大应力。σ_A 可出现在断裂时也可出现在断裂前。拉应力时，极限强度为拉伸（或抗拉、抗张）强度；压应力时，极限强度为压缩（或抗压）强度；切应力时，极限强度为剪切强度；弯曲应力时，极限强度为挠曲（或弯曲）强度。从表 14-1-6 可知材料的抗拉强度和抗压强度有很大区别。如牙釉质、银汞合金和复合树脂的抗压强度远远大于抗拉强度。

表 14-1-4 牙体组织及一些齿科材料的弹性模量

材料	弹性模量（GPa）
牙本质	12～18.6
牙釉质	46～130
银汞合金	27.6～60.1
金合金	72.2～108
复合树脂	5.4～25.3
无填料丙烯酸树脂	1.9～2.8
磷酸锌水门汀	13.7～22.4
氧化锌丁香酚水门汀	0.17～3.04
玻璃离子水门汀	2.9～10.8
聚硫橡胶印模材料	0.013×10^{-3}～2.80×10^{-3}
硅橡胶印模材料	0.088×10^{-3}～0.35×10^{-3}
钴铬合金	125～218
镍铬合金	145～203
长石质陶瓷	60～70
义齿基托树脂	1.06～2.94

表 14-1-5 牙体组织及一些材料的屈服强度

材料	屈服强度（MPa）
牙本质	165（C）
牙釉质	344（C）
金合金	207～620（t）
复合树脂	138～172（C）
无填料丙烯酸树脂	43～65（C）

注：C 为抗压屈服强度，t 为抗张屈服强度

表 14-1-6 牙体组织及部分材料的极限强度

材料	抗拉强度（MPa）	抗压强度（MPa）	剪切强度（MPa）
牙本质	48～105.5	232～305	102～138
牙釉质	10～40.3	261～400	90～90.2
银汞合金	27.3～69	201～483	188
金合金	414～828	-	-
复合树脂	39～69	170～448	-
无填料烯树脂	28	76～97	122
长石质陶瓷	24.8	149	128
磷酸锌水门汀	8.3～9.5	62.1～171	13～63.4
人造石	5.7～7.7	60～81	-
氢氧化钙衬层	2.3～2.4	8	-
陶瓷	24.8～37.4	14.5～138	111～165
玻璃离子水门汀	2.3～14.2	20～173	-

从上面分析可以看到，当应力到达屈服点 σ_Y 时，材料会产生显著的塑性变形；当应力到达极限强度 σ_A 时，材料会由于局部变形导致断裂。因此屈服强度和极限强度是反映材料强度的两个重要性

能指标。

(六) 冲击强度

冲击强度是指材料抵抗冲击破坏的能力，又称冲击韧性。用于考察材料的脆性和韧性。在一次性冲击试验中，用试样受冲击而破坏时单位面积破断所吸收的能量（$kJ \cdot m^{-2}$）来表示。冲击试验有三种，弯曲冲击试验、拉伸冲击试验及扭转冲击试验。弯曲冲击试验又有悬臂梁式和简支梁式，后者较常用。

(七) 硬度

硬度是固体材料抵抗弹性变形、塑性变形或破坏的能力，或抵抗其中两种或三种情况同时发生时的能力。表征材料表面局部区域抵抗压缩变形和断裂的能力。人们通常认为硬度可能与屈服强度有关，然而硬度的概念是复杂的，一般说来二者之间不存在直接关系，只是在同类材料中如金合金系列材料的硬度与其屈服强度有关。

按施加负荷情况，可将硬度试验分为静负荷试验和动负荷试验两大类。前者是在静负荷作用下把压头压入材料来测硬度如布氏硬度（Brinell hardness test）、洛氏硬度（Rockwell hardness test）、维氏硬度（Vickers handness test）、努普硬度（Knoop hardness test）等。后者是在动负荷作用下，使压头冲击材料来测硬度如肖氏硬度（Shore hardness test）等。静负荷试验虽然试验方法不同，计算单位不同，但多数采用的是压入法，即以一定的载荷，将具有特殊形状的较硬的物体（称压头）压入被测材料的表面，使材料表面产生局部塑性变形而形成压痕，压痕的深度或表面积的不同即表示材料的硬度不同。各试验所用压头的材料、形状及负荷均不同。压头可以由不锈钢、硬质合金、金刚石制成；其形状可是球形、圆锥形或棱锥形。根据材料不同，选择不同硬度试验（表 14-1-7）。

(八) 蠕变和疲劳

理想的弹性体，当受到外力后，平衡形变瞬时达到，与时间无关；理想的粘性体，当受到外力时，形变随时间线性变化；而齿科材料及牙齿硬组织是介于理想弹性体和理想粘性体之间，其应变与时间存在更为复杂的关系。

蠕变是在恒应力作用下，塑性应变随时间不断增加的现象。该应力常远远小于屈服应力。有些材料对这一现象是敏感的，甚至在不变载荷下上述应变可以连续增长直至断裂。

表 14-1-7　牙体组织及某些材料的硬度值

材　料	KHN (MPa)	VHN (MPa)	BHN (MPa)
牙釉质	3430～4310	2940～4800	–
牙本质	680	570～600	–
牙骨质	400～430	–	–
银汞合金	1100	–	–
复合树脂	250～710	390～1740	–
金合金	690～2260	550～2500	450～265
无填料丙烯酸树脂	200～210	–	–
陶瓷	4600～5910	4490～7750	
玻璃离子水门汀(充填)	180～310	510～900	–
磷酸锌水门汀	380	–	
长石质陶瓷	4600～5910	6630～7030	–
钴铬合金	3290～4240	3500～3900	2650
镍铬合金	1530～3280	2700～3950	–
义齿基托聚合物	140～176	–	

注：KHN 努普硬度、VHN 维氏硬度、BHN 布氏硬度

疲劳是指材料在循环（交变）应力作用下发生损伤乃至断裂的过程。材料所受应力常远小于其抗拉强度甚至小于其弹性极限。疲劳强度是指材料抵抗疲劳破坏的能力，常用疲劳极限来表征。它是在交变应力作用下经过无限次循环而不发生破坏的最大应力。常用材料的疲劳寿命或 S-N 曲线来表示材料的疲劳性能。此曲线是以应力峰为 S 时产生破坏的应力循环次数 N 对 S 画出的。一般在低于极限应力 Sn 的应力下不管循环多少次也不会引起疲劳破坏。

(九) 挠曲强度和挠度

口腔咀嚼是一个极其复杂的力学过程。任何修复体和充填体绝非承受单纯的压力或拉力，而是多点受力。挠曲强度或称作弯曲强度则是描述材料承受这样复杂应力下的性能。挠曲强度是口腔复合树脂充填材料及义齿基托树脂的重要机械性能，对恢复缺失和缺损牙体的咀嚼功能有重要作用。

挠度是物体承受其比例极限内的应力所发生的弯曲形变。尽管挠度和弯曲强度都是衡量材料弯曲韧性的指标，但挠度更能真实地反应材料在口腔环境中的受力与弯曲形变情况。因为挠曲强度仅反应出材料在持续受力后直至断裂时的强度，但在口腔内并不存在这种持续性造成断裂的应力，而挠度则可反应出材料在长期处于反复的咀嚼应力作用下所

产生的弯曲形变，这种情况对于义齿基托尤其明显。研究和应用已证明挠度是口腔材料在口腔环境中应具有的重要性能之一，ISO及我国标准已将挠度列为义齿基托材料的性能评价项目之一（表14-1-8）。

表14-1-8 义齿基托材料标准试件挠度（ISO标准）

负荷（N）	形变（mm）	
	最小	最大
15～35	1.0	2.5
15～50	2.0	5.0

（十）热应力和裂缝扩展

修复体或充填体往往在低于极限应力下遭到破坏。例如复合树脂充填体在口腔温度升高或降低时产生膨胀或收缩，由于复合树脂的线胀系数是牙体硬组织的3倍，因而温度升高时，窝洞阻止充填体膨胀，充填体内产生压应力；温度降低时，窝洞又限制了充填体的收缩，在充填体内产生拉应力。口腔温度的不断变化，充填体就不断经受这种交变应力作用。这种由于温度变化产生的应力称为热应力。热应力长期作用的结果，使充填体出现疲劳损伤，甚至出现裂纹。裂纹附近的应力大于充填体的平均应力，这样在低应力作用下也会使裂纹进一步扩展直至断裂。因此热应力对充填体或修复体的破坏作用不应忽视。也就是说减小材料在口腔环境中热应力是改进材料性能的重要途径之一。

三、化学性能

材料的化学性能是影响其在口腔环境中的使用寿命的重要因素之一。理想的制作修复体的材料应该在口腔环境中不溶解、不腐蚀，而且不应该有重要的成分在唾液中溶出。因此在选用材料时，应注意它的化学稳定性。

（一）腐蚀和变色

材料由于周围环境的化学侵蚀而造成的破坏或变质称为腐蚀。金属和合金的腐蚀主要是由于化学或电化学作用引起的破坏；有时还包含机械、物理或生物作用。

腐蚀的类型有湿腐蚀和干腐蚀两类。前者指在有水存在下的腐蚀；后者指在无水存在下的气体中的腐蚀。对金属来说湿腐蚀是一种电化学全面腐蚀反应；干腐蚀常见的是高温氧化。

修复体在口腔环境中所产生的腐蚀是复杂的。口腔中的唾液、食物及其分解物构成了腐蚀的环境条件，再加之咀嚼应力的作用，金属及高分子修复体很容易发生腐蚀。腐蚀开始发生的初期阶段，又称变色。修复体表面变色或失去光泽，不仅影响美观，而且将破坏修复体，缩短其寿命。所以，采取有力措施防止或减缓腐蚀现象的发生是非常必要的。

（二）扩散和吸附

物体中原子和分子向周围移动的现象，称为扩散。若是材料均一地、稳定地分散在溶剂中的过程，又称溶解。物体扩散的速度和数量除与其本身分子量和结构有关外，还与温度和周围介质的性质及浓度有关。固体或液体表面的离子、原子或分子与接触相中的离子、原子或分子之间，借助于静电力或分子间的范德华力所产生的吸着现象，称为吸附。材料在口腔环境中的吸附，有利也有弊，根据要求不同而异。

某些口腔材料在口腔中会吸附唾液或其他生理性液体，同时还会有部分材料被溶解。过量的吸水和溶解都会使其性能降低直至其功能丧失。因此，对复合树脂充填材料以及义齿基托材料的吸水和溶解性能应有一定的要求。通常规定复合树脂的吸水值不应大于50μg/mm³，溶解值不应大于5μg/mm³。义齿基托树脂吸水值不应大于32μg/mm³，热固化型义齿基托树脂溶解值不应大于1.6μg/mm³；自凝型义齿基托树脂溶解值不应大于3.6μg/mm³。

（三）老化

材料在加工、贮存和使用过程中物理化学性质和机械性能变坏的现象，称为老化。老化的因素由内因和外因构成。外因有物理、化学、生物及加工成型的条件等，内因则由材料的组成和结构所决定。老化对口腔高分子材料的应用有很大影响，在口腔中唾液、食物残渣及分解物、氧气、酶、微生物等各种化学、生物因素和热、光及咀嚼应力等物理因素的共同作用下，以聚丙烯酸酯类为主口腔高分子材料易出现降解或基团的改变而降低或失去原有的性能。因此，必须从材料的组成和结构进行改性，才能减缓老化速度，延长修复体的使用寿命。

（四）化学性粘接

粘接是指两个固体借助于两者界面间力的作用而产生结合的现象。这种结合包括物理、机械和化

学性的结合，而更重要的是化学结合。固体与固体产生的化学性粘接，主要是指粘接剂表面的原子或离子与被粘体表面的原子或离子间的结合，一般是以共价键或离子键形式存在。

口腔修复体的固位，几乎都涉及粘接问题。而在口腔内进行粘接时，由于牙体组织和口腔环境的特殊性，其要求是非常高的，要获得满意的粘接效果存在很大困难。

四、生 物 性 能

口腔材料是用于人体的生物材料，因此良好的生物性能是保证临床应用安全有效的重要技术指标。70年代中期美国口腔协会（ADA）研究并制定了“口腔材料生物相容性评价推荐标准”。1997年ISO/TC106和FDI共同制定了ISO 7405-1997“口腔学——用于口腔的医疗器械生物相容性临床前评价——口腔材料试验方法”国际标准。我国也相应制定了一套本国的口腔材料生物学评价标准。随着口腔材料的发展，其生物性能在国际及国内越来越受到重视。

口腔材料生物性能应符合以下条件：

（一）生物安全性

生物安全性（biological safety）是指材料进入临床应用前具有安全使用的性质。

口腔材料是应用于人体的，与人体组织相接触，因此材料对人体应无毒性，无刺激性，无致癌性和致畸变等作用。在体内正常代谢作用下，保持稳定状态，无生物退变性，代谢或降解产物对人体无害，且易被代谢。任何用于人体的材料在临床应用前均应进行生物安全性检测。在检测前需对口腔材料进行分类。

根据ISO 7405-1997“口腔学——用于口腔的医疗器械生物相容性临床前评价——口腔材料试验方法”国际标准，口腔材料应按与组织的接触性质及接触时间分类。

1. 按接触性质分类

表面接触器械：与完整或破损的皮肤、口腔粘膜表面接触的器械，以及与牙齿硬组织包括牙釉质、牙本质及牙骨质外表面接触的器械。注意：牙本质及牙骨质可认为是表面，如牙龈退缩后。

外部接入器械：穿过并与口腔粘膜、牙体组织、牙髓组织、骨或这些组织的组合相接触，并暴露于口腔环境中的器械。

植入器械：部分或全部埋植于软组织、骨或牙髓和牙本质组织或这些组织的组合内，且不暴露于口腔环境中的口腔器械及植入体。

2. 按接触时间分类

短期接触：一次或多次使用接触时间在24小时以内的器械。

长期接触：一次、多次或长期使用接触时间在24小时以上30日以内的器械。

持久接触：一次、多次或长期使用接触时间超过30日的器械。

生物学评价试验选择应依据材料的用途、与材料可能接触组织和接触的时间。根据材料的分类，考虑所选择的试验。

口腔材料生物学评价试验分为三组：

第一组：体外细胞毒性试验

采用体外组织细胞培养的方法，观察材料对细胞生长繁殖及形态的影响，评价材料的体外细胞毒性。有铬释放法、分子过滤法及琼脂覆盖法等。此试验是检测材料的浸出或扩散成分毒性的一种简便快速灵敏的方法，并与材料在体内的毒性作用有一定的相关性。

第二组：主要检测材料对机体的全身毒性作用及对局部植入区组织的反应。

（1）全身毒性试验——经口途径：试验动物经口服入试验材料，定期观察其全身毒性反应，结合病理组织学分析，评价经口服入试验材料所引起的全身毒性。

（2）全身毒性试验——静脉途径：将材料浸提液经静脉输入试验动物体内观察其全身毒性反应，结合病理组织学分析评价材料毒性。

（3）吸入毒性试验：用于了解材料内挥发性成分的毒性。动物经呼吸道吸入材料的挥发性成分、一定时间后，观察其全身毒性反应，结合病理组织学分析评价其毒性。

（4）遗传毒性试验：用于评价材料的致畸、致癌、致突变作用，以了解材料对机体的远期作用。

（5）致敏试验：评价材料潜在的过敏原引起机体变态反应所进行的试验，以评价材料的致敏作用。

（6）皮肤刺激与皮下反应试验：评价材料对机体皮肤、粘膜产生的刺激作用。

(7) 植入后局部反应试验：用于评价长期与软组织、骨组织接触的材料对植入部位局部组织的毒性。将材料埋入试验动物背部皮下组织或骨内一定时间，进行组织学观察分析，评价材料对周围组织造成的局部毒性作用。

第三组：为临床应用前试验。主要检测材料对拟使用部位的组织的毒性作用。

(1) 牙髓牙本质刺激试验：用于评价牙髓和牙本质对试验材料的反应。将材料充填于试验动物或人体已备好的牙齿窝洞中一定时间，观察牙髓和牙本质的组织病理反应，评价材料的刺激性。

(2) 盖髓及活髓切断试验：用于评价牙髓对盖髓材料及活髓切断术后治疗材料的反应。将试验材料充填于试验动物已备好的牙齿穿髓窝洞中一定时间，观察牙髓的组织病理反应。

(3) 根管内应用试验：用于评价牙髓及根周组织对根管内材料的反应。将试验材料充填于根管预备后的试验动物牙齿根管内一定时间，观察组织病理反应。

(二) 生物相容性

生物相容性（biocompatibility）是指在某种特定的目的、特定的部位材料与宿主间处于静动态变化环境中发生相互反应的能力和作用，保持相对稳定而不被排斥的性质，又称生物适应性和生物可接受性。生物相容性主要包括生物化学相容性、生物物理机械相容性和生物电相容性三大方面，如形态与结构相容性、细胞组织相容性、血液相容性、力学相容性、电磁相容性等。根据具体的目的和结果作出相应的评价。生物相容性是生物安全性的基础上应具备的另一种重要性质。

(三) 生物功能性

生物功能性（biofunctionability）指材料应具有生物安全性和生物相容性外，还应具有生物功能性而发挥最大的生理功能，是材料与宿主产生功能反应的总称。特别是植入材料，必须具有与宿主局部组织的组成和梯度结构相吻合，并有足够引起反应的元素、离子、分子、基团、组织等生理活性物质，在体内能准确识别、传递和物质能量交换，进而产生重组，并与宿主内产生的降解物质能参与代谢，达到新的平衡。材料能长期在体内保持稳定，不仅对机体不产生损伤和破坏，而且能承受各种静力和动力的作用，不断促进组织修复，发挥生物功能作用。

(林 红)

第二章　口腔高分子概述

第一节　高分子的基本概念

高分子化学又称聚合物化学，是研究高分子化合物合成和反应的一门科学，一般是指有机高分子化学，主要涉及塑料、橡胶、纤维等非生物有机高分子。

低分子和高分子之间并无严格的明显界线。一般把分子量低于1000或1500的化合物称做低分子化合物；分子量在1500以上的称做高分子化合物。

常用的聚合物，分子量虽然高达10^4～10^6，构成的原子数也多达10^3～10^5，但其分子往往由许多相同的简单的结构单元通过共价键重复连接而成，例如聚甲基丙烯酸甲酯是由许多甲基丙烯酸甲酯结构单元重复连接而成。

由能够形成结构单元的分子所组成的化合物称做单体，也是合成聚合物的原料，重复单元数又称聚合度，它是衡量高分子大小的一个指标。如果组成聚合物分子的重复单元数很多，增减几个单元，并不显著影响其物理性质，一般情况下，称此种聚合物为高聚物。如果聚合物分子的重复单元数较少，增减几个单元对物性有显著影响的聚合物，则称做低聚物。

由一种单体聚合而成的聚合物称为均聚物，如上述的聚甲基丙烯酸甲酯。由两种以上单体共聚而成的则称做共聚物，如氯乙烯-醋酸乙烯共聚物。聚合物名称有时很长，往往用英文缩写符号表示，如聚甲基丙烯酸甲酯的符号是PMMA。

第二节　高分子材料的分类

根据材料的性能和用途，将聚合物分成橡胶、纤维和塑料三大类。

1. 橡胶　其特性是在室温下弹性高，即在很小的外力作用下，能产生很大的形变（可达1000%）；外力去除后，能迅速恢复原状，弹性模数小（10^5～10^6N/m^2）。常用橡胶有天然橡胶、丁苯橡胶、硅橡胶等。

2. 纤维　纤维的弹性模数大，约10^9～10^{10}N/m^2；受力时形变较小，一般只有百分之几到二十，纤维大分子沿轴向作一定规则排列，长径比大。在较广的温度范围内（－50～150℃）机械性能变化不大。

3. 塑料　塑料的弹性模数介于橡胶和纤维之间，约10^7～10^8N/m^2。温度稍高时，受力形变可达百分之几十到几百。部分形变是可逆的，部分则是永久形变。粘度、延展性和弹性模数都与温度有直接关系，反映出塑性行为。

根据受热时行为的不同，又可将塑料分为热塑性和热固性塑料两类。热塑性塑料受热时可能塑化和软化，冷却时则凝固成型，温度改变时可以反复变形。聚乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚苯乙烯等都属于这一类。热固性塑料受热时塑化和软化，发生化学变化，并固化定型，冷却后如再次受热时不再发生塑性变形。酚醛塑料、脲醛塑料、口腔用硬质塑料等都属于这一类。

合成塑料中未成型加工前的原始聚合物，在工程技术上有时称做合成树脂。在合成树脂和塑料的基础上，又衍生出粘结剂、涂料等，用途虽然有别，但聚合物本身可能相似。

第三节　聚合物的分子结构

单个聚合物分子从它的几何结构来看，可大致分为线型、支链和交联高分子三种类型。若大分子是由许多相同的结构单元重复连接而成的，最简单的连接方式呈线型，PMMA就是线型结构，这类称做线型高分子。形成线型高分子的单体要求带有两个官能团，在加聚反应中，烯类的π键就相当于两个官能团。含有两个以上官能团的单体，就有可能形成支链或交联的高分子。例如，二元醇（如乙二醇）和二元酸（如邻苯二甲酸）反应，只能形成线型聚酯；加有少量三元醇（如甘油）而且反应程

度不深时，则形成支链型聚酯；三元醇较多，反应较深时，就形成交联结构的聚酯，支链或交链聚酯分子结构。有时在一大分子链上接有另一结构单元的直链形成接枝共聚物，则赋予两种结构单元的双重性能。

线型或支链型高分子彼此以物理次价力吸引，相互聚集在一起，形成聚合物。因此加热可使其熔融软化，用适当溶剂可使其溶解，聚甲基丙烯酸甲酯就是这类结构。交联聚合物可以看作是许多线型或支链大分子由化学键连接而成的网状结构或体型结构。许多分子结合成一整体，也无单个大分子可言。交联程度浅的，受热时可以软化，但不能熔融，加适当溶剂可以溶胀，但不能溶解；交联程度深的，则不能软化，也难溶胀。口腔科使用的硬质树脂、复合树脂、硅橡胶等，在其固化前，树脂留在线型或少量支链的低分子阶段，在固化过程中，残留的活性官能团继续反应成交联结构而使高分子成为体型聚合物。

第四节 聚合反应

由低分子单体合成聚合物的反应称做聚合反应。聚合反应可分为加聚反应和缩聚反应两大类。

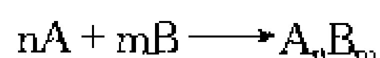
一、加聚反应

单体加成而聚合起来的反应称做加聚反应。甲基丙烯酸甲酯合成聚甲基丙烯酸甲酯是个例子。

加聚反应的产物称作加聚物。加聚物的元素组成与原料单体相同，仅仅是电子结构有所变化。加聚反应一般是链锁反应。烯类聚合物大多是烯类单体通过加聚反应合成的。

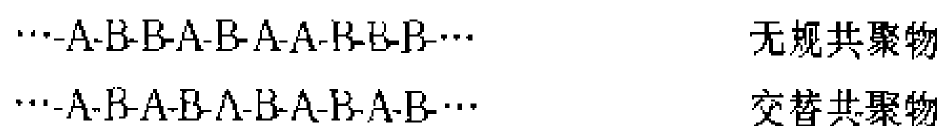
（一）加聚反应的分类

加聚反应可分为均聚合和共聚合。由一种单体进行的聚合反应叫做均聚合、由两种或两种以上的单体进行的聚合反应叫做共聚合。



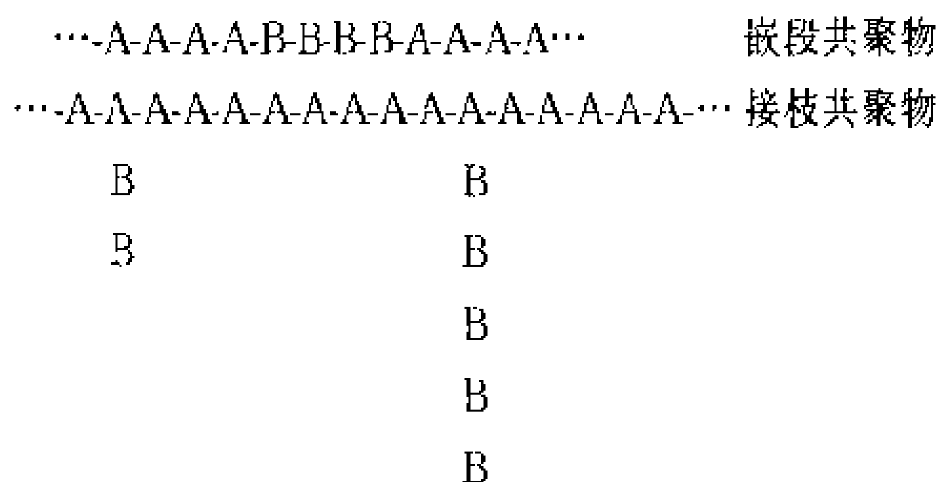
$$nA + mB \longrightarrow A_nB_m$$

由两种单体制成的共聚物，这两种单体在高分子链中可以有下面几种排列方式：



…-A-B-B-A-B-A-A-B-B-B-… 无规共聚物

…-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-… 交替共聚物



…-A-A-A-A-B-B-B-B-A-A-A-A… 嵌段共聚物

…-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-… 接枝共聚物

由一般共聚合方法合成的产品为无规共聚物。利用共聚合的方法可以大大提高聚合物的性能。

（二）加聚反应历程

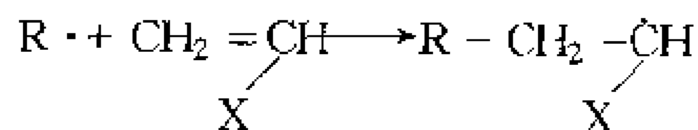
参加加聚反应的单体绝大多数为包含C＝C双键的不饱和化合物。按双键中π键的断裂方式，有游离基反应历程和离子型反应历程，后者又可分为阳离子聚合反应和阴离子聚合反应，其中游离基聚合反应应用最广。

在游离基聚合反应中，单体分子借助于引发剂、热能、光能或辐射能活化成单体游离基，然后按游离基历程进行聚合。在口腔科中应用较广的是使用引发剂来引发的聚合。引发剂是易于产生游离基的物质，其分子结构上具有弱键，在热能和辐射能等的作用下，弱键均裂成两个自由基。常用的引发剂有无机或有机过氧化物、偶氮化合物等。引发剂分解是吸热反应。

过氧化物还能与还原剂（如有机叔胺类物质）组成氧化还原体系，这样可以降低引发剂的分解温度，使其在常温下引发聚合。有些化合物在一定波长的光照射下能分解成自由基，引发单体聚合，这种化合物称为光敏引发剂，如安息香、联苯酰、樟脑醌等。

现用R·代表引发剂分解产生的自由基，简述自由基聚合反应历程如下：

1. 链引发（initiation） 由引发剂产生的游基离R·成为活性中心，与单体作用引发反应：



$$R\cdot + CH_2 = \underset{X}{CH} \longrightarrow R - CH_2 - \underset{X}{\dot{C}H}$$

有些单体可以不用引发剂，而利用光、热、辐射等能源来直接产生单体自由基，使引发聚合。如在工业上进行的苯乙烯热聚合。

2. 链增长 在链引发阶段形成的单体自由基有很高的活性，如无阻聚物质与之作用，就能打开第二个烯类分子的π键，形成新的自由

基。新自由基活性并不衰减，继续和其他单体分子结合成单元更多的链自由基，这个过程称做链增长反应。

链增长反应有两个特征：一是放热反应，聚合热约8.4×10kJ/mol；二是增长速率极高，在0.01至几秒钟内就可以使聚合度达到数千，甚至上万，这样高的速度是难以控制的。单体自由基一经形成后，立刻与其他单体分子加成，增长成活性链，而后终止成大分子。

3. 链终止　自由基有相互作用的强烈倾向，两自由基相遇时，由于独电子消失而使链终止。终止反应有耦合和歧化两种方式。

由上述可知，当需要进行聚合时，可加入适量的引发剂促进聚合反应进行。另一方面，在储存易于聚合的单体时，又可以加入阻聚剂以阻止或延缓聚合反应的进行。阻聚剂的作用是它本身特别易于与自由基相结合，生成稳定的游离基或使游离基消失转变成化合物，使反应终止。常用的阻聚剂大多为酚类，如对苯二酚、2，6-二叔丁基对甲酚。此外，氧有明显的阻聚作用，聚合体系中空气须用惰性气体排净才能正常聚合。

二、缩聚反应

聚合反应过程中，除形成聚合物外，同时还有低分子副产物产生的反应，称做缩聚反应。己二胺和己二酸反应生成尼龙-66是缩聚反应的典型例子。缩聚反应的产物称做缩聚物。根据单体中官能团的不同，低分子副产物可能是水、醇、氯化氢等。由于低分子副产物的析出，缩聚物结构单元要比单体少若干原子。

缩聚反应一般是官能团的反应。反应结果，缩聚物中留有官能团的结构特征，如酰胺键-NHCO-、酯键-OCO-、醚键-O-等。因此，大部分缩聚物是杂链聚合物。绝大多数缩聚反应属于逐步聚合反应，即反应过程是逐步进行的。

在口腔科应用材料中，聚硫橡胶印模材料和缩合型硅橡胶印模材料的固化过程就伴随着缩聚反应。如端羟基二甲基硅橡胶的固化过程就是在催化剂（辛酸亚锡）的作用下，与硅酸乙酯起交联反应，由线型聚合物交联成网状缩聚物，同时生成乙醇。

第五节　高分子的聚集态结构

高分子的聚集态结构是指大分子链间的排列和堆砌方式，可粗略地分为晶态和无定形结构。结构规整或链间次价力较强的聚合物容易结晶，例如高密度聚乙烯等。结晶聚合物中往往存在一定的无定形区，熔融温度是结晶聚合物使用的上限温度。结构不规整或链间次价力较弱的聚合物如聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯等难以结晶，一般为无定形态。无定形聚合物在一定负荷和受力速度下，于不同温度可呈现玻璃态、高弹态和粘流态三种力学状态。玻璃态到高弹态的转变温度称做玻璃化温度（T_g），是无定形塑料使用的上限温度，橡胶使用的下限温度。从高弹态到粘流态的转变温度称粘流温度（T_f），是聚合物加工成型的重要参数。

当聚合物处于玻璃态时，整个大分子链和链段的运动均被冻结，宏观性质为硬、脆、形变量很小，只呈现一般硬性固体的普弹形变。聚合物处于高弹态时，链段运动高度活跃，表现出高形变能力的高弹性。当线型聚合物在粘流温度以上时，聚合物变为熔融、粘滞的流体，受力可以流动，并兼有弹性和粘流行为，称粘弹性。

第六节　聚合物的生产

天然聚合物多从自然界植物经物理或化学方法制取。合成聚合物是低分子单体经聚合反应过程制得的。聚合物的生产方法有本体聚合、溶液聚合、悬浮聚合、乳液聚合等。

（一）本体聚合

它是将单体、引发剂及少量必要的添加剂（如增塑剂等）混合在一起，通过加热聚合成块状聚合物。此法简单，不用溶剂或分散介质，产物纯度高、性能好。但由于体系粘度大、聚合反应热难于扩散，容易发生爆聚现象。甲基丙烯酸甲酯合成有机玻璃就是典型的例子。

（二）溶液聚合

将单体溶解在溶剂中进行的聚合反应称溶液聚合。溶液聚合有大量溶剂存在，体系粘度小，容易散热，反应及产物分子量易于控制。但因使用大量溶剂，聚合物分子量一般不高。

（三）悬浮聚合

它是在机械搅拌下，将单体以小液滴状分散在水中进行的聚合反应，聚合反应在小液滴中进行，每个小液滴就相当于一个小的本体聚合体系。为了保证悬浮体系的稳定，通常要加入一些悬浮剂，如明胶、聚乙烯醇等。此法反应热易散发，聚合反应较易于控制，产物的分子量比本体聚合时高，但纯度不如本体聚合。甲基丙烯酸甲酯制造牙托粉就是采用悬浮聚合进行。

（赵信义）

第三章　无机非金属材料概述

第一节　概　　述

无机非金属材料在口腔临床以陶瓷为代表的研究与应用已很广泛。在过去相当长的时间里，“陶瓷”一词是陶器和瓷器的总称。随着科学技术的发展，现在已逐渐把“陶瓷”的概念扩大到整个无机非金属材料，即以氧化物、氮化物、碳化物等为原料制成的无机固体材料均可称为陶瓷。由于各种新型功能陶瓷不断涌现并大量引人医学临床，逐渐形成了生物陶瓷概念。在口腔医学中应用的陶瓷，包括口腔陶瓷、种植陶瓷，其他无机非金属材料（包括口腔石膏、口腔水门汀、包埋材料，以及部分切削和研磨材料等)，是应用非常广的--类材料。

以陶瓷为代表的无机非金属材料在我国的历史悠久，但在口腔医学中正式应用是1774年法国的Duchateau采用陶瓷作义齿开始的。1820年Linderc用陶瓷作充填修复，1880年Rollins采用型片法进行了陶瓷嵌体修复的初步尝试，1887年美国Land自制煤气炉进行陶瓷的烧结，于1889年陶瓷冠试制成功，使陶瓷修复工艺取得了很大的进步。1895年Christensen制作高熔陶瓷和1899年Jenkins制作低熔陶瓷成功，以及采用矿物色素使陶瓷的色彩接近天然牙，将陶瓷的审美修复推进了一大步。1919年Welben第一次试作了铸造陶瓷，虽然因陶瓷的流动性没有解决而未能推广，但为铸造陶瓷的研究奠定了基础。1920年Tompson采用陶瓷牙面修复前牙唇面，因陶瓷的脆性而没有取得成功。1940年Woolson开始将陶瓷烧结在金属上以增加强度，但由于两者的结合问题而未能推广。直到1962年，Weinstein等发明了瓷熔附金属技术，初步解决了金属陶瓷相互匹配以后，将金属基底结构的强度和瓷的美学性能有机地结合在一起，制作出具有一定美学效果的金瓷冠桥修复体，使陶瓷修复进入了一个新的阶段，这一技术目前已成熟且在口腔修复体的制作中得到广泛应用。1965年Mclean和Hughes在陶瓷粉中加入部分氧化铝混合烧结，提高了陶瓷的强度，并应用于临床。近十年来，人们采用了多种方法完善口腔用陶瓷材料，使其强度和韧性得到了很大提高。同期口腔种植陶瓷也得到了迅速发展，1969年多晶氧化铝陶瓷、1973年玻璃陶瓷、1975年单晶氧化铝陶瓷和1978年羟基磷灰石陶瓷相继研制成功，促进了口腔修复技术的发展。进入80年代以后推出氧化锆陶瓷和降解陶瓷以及各种精细化、功能化的陶瓷基复合材料，使口腔修复迈进了一个新的时期，尤其是近年来模拟人体硬组织结构组成的生物陶瓷得到深入发展，将使目前的口腔临床修复产生新的飞跃。

第二节　口腔陶瓷材料的分类

目前口腔陶瓷材料按性质可分为单纯陶瓷和陶瓷基复合材料；氧化物系陶瓷和非氧化物系陶瓷；惰性陶瓷和反应性陶瓷；吸收性陶瓷和非吸收性陶瓷等，按临床使用部位还分为植入体内和非植入体内的陶瓷；按临床用途分为烤瓷、金属烤瓷、铸造陶瓷、种植陶瓷、成品陶瓷牙，以及其他无机非金属材料，如石膏、水门汀、包埋材料、切削和研磨材料等。

第三节　口腔陶瓷材料的结构与性能

（一）相组成

陶瓷材料的显微结构通常由三种不同的相组成，即晶相、玻璃相和气相。

晶相是陶瓷材料中最主要的组成相，陶瓷的物理、化学性质主要由晶相所决定。陶瓷材料的晶体结构比较复杂，其中立方、四方和六方晶系最为重要。

玻璃相是非晶态结构的低熔点固体。对于不同的陶瓷，其中玻璃相的含量不同。玻璃相的作用是充填晶粒间隙，粘接晶粒，提高陶瓷材料的致密程度、降低烧结温度、改善工艺、抑制晶粒长大等。

气相，即气孔，在陶瓷材料中起着重要作用。气孔包括开口气孔和闭口气孔两种，大部分气孔是在加工过程中形成并保留下来的，有些气孔可通过特殊工艺方法获得。陶瓷的许多性能随着气孔率、气孔尺寸分布的不同可在很大范围内变化。合理控制陶瓷中气孔的数量、形态和分布极为重要。

（二）结合键

陶瓷材料的结合键包括离子键（如氧化铝）、共价键（如金刚石）以及离子键和共价键的混合键。

离子键以正、负离子间的静电作用力为结合力，离子键没有方向性。离子晶体的键强度较高，组成的陶瓷强度高、硬度高，但脆性也大。金属氧化物主要是离子键结合。

共价键具有方向性和饱和性，因此共价晶体中原子的堆积密度较小。共价晶体键强度较高，且具有稳定的结构，故这类陶瓷熔点高、硬度高、脆性大、热胀系数小。

大量的陶瓷为混合键结合，既有离子性结合，又有共价性结合。

（三）物理性能

由于口腔陶瓷材料在烧结制作过程中，存在较大的体积收缩而影响修复体的精度，需采取必要的措施如烧结前尽量除去水分、振荡、压缩成型，以及真空烧结等防止或减小其收缩。另外，陶瓷材料的透明性关系到修复的审美性，影响透明性的主要原因是陶瓷内存在的气孔。虽然陶瓷粉的颗粒愈细，气孔就愈小，愈致密，颗粒间的接触面愈大，但在光散射作用下透明度反而有所降低，因此采用适当的颗粒度可调整光透过率。此外，由于一些口腔陶瓷原料中含有石英成分，石英的折光率较大（1.55），在不连续的界面上产生光散射，同样造成透明性降低，对此，一般可添加一些折光率较小的成分，如白榴石、长石等，可以提高透明性。

（四）机械性能

在机械性能中，口腔陶瓷材料的特点是压缩强度、硬度及耐磨度均非常高，但它的拉伸强度、弯曲强度以及冲击强度较低。因此，如何解决陶瓷材料质脆易折的问题，是当今研究的重要课题。

（五）化学性能

口腔陶瓷是口腔材料中化学性能最稳定的材料，均可耐受许多化学物质的作用而不发生变化，长期在口腔环境条件下，对各种食物、饮料、唾液、体液、微生物及其酶的作用，不会产生变质、变性。

（六）生物性能

口腔陶瓷无论是植入体内或在口腔内使用，均具有优良的生物性能。

（七）审美性能

由于口腔陶瓷材料的着色性能好，表面光泽度高，又具有透明和半透明性，能恢复牙体组织的天然色彩，其审美性是口腔材料中最佳者。

影响口腔陶瓷性能的主要因素包括陶瓷材料的组成、结构、性质、晶体结构、相分布、晶粒尺寸和形状、气孔、杂质、缺陷以及晶界等。

第四节 口腔陶瓷材料及制品的制备

一、口腔陶瓷材料的制备

口腔陶瓷材料（陶瓷粉）的制备，可采用天然或人工合成的材料作为原材料，经高温熔融、淬冷、粉碎及混合等工艺制备成陶瓷粉。

二、口腔陶瓷制品的制备

（一）烧结

烧结是指将固体离子的集合体，在低于熔点的温度下加热，获得致密高强度的结晶过程。瓷料经烧结后其物理、化学性质发生改变（如强度、密度、结晶形状、成分等）。烧结是陶瓷制品制备最关键的工艺环节，它决定了最终制品的性能。烧结过程通常伴随有气孔减少和体积收缩的变化。根据烧结条件的不同，可以分为常压固相烧结、液相烧结、热压烧结、等静压烧结、微波烧结和反应烧结等。

（二）表面涂层

表面涂层是采用一定的工艺手段，将某种材料均匀、等厚、紧密结合在另一种基底材料上的技术。常采用高温熔烧、等离子喷涂、热扩散、气相沉积、离子注入、溅射、真空镀膜等工艺进行涂层。

在口腔临床中采用高温熔烧涂层工艺最普遍，其方法是把陶瓷涂层材料通过浸、刷、喷等方法在

金属基体表面均匀涂层，然后将涂层复合体置于一定温度下熔烧即可。烤瓷熔附金属修复体的制作，即是采用此种工艺方法。

（三）铸造

铸造是指将陶瓷材料熔融后注入铸模内，再冷却成预制体的过程。经过结晶化处理后进行铸造的陶瓷材料称为铸造陶瓷材料。目前多采用玻璃陶瓷进行铸造，其铸造工艺一般采用熔模铸造法（或称为失蜡铸造法）。

（陈治清）

第四章 口腔金属材料概述

金属材料在口腔医学应用的历史悠久。在古代已有用金属丝将人牙或象牙、竹、木等雕刻成的人工牙，与天然牙栓固在一起修复缺牙的记载。随着冶金术的发展，金属材料的应用日趋广泛，成为口腔材料中的基础材料。由于金属和合金材料具有良好的物理机械性能和一定的生物相容性能，目前已将其广泛用作口腔修复、正畸、充填和种植等材料。现将有关金属和合金的基础知识简述如下。

第一节 金属的特性

1. 在固体状态时呈结晶，具有金属的光泽。
2. 是电和热的良导体。
3. 密度大，不透明。
4. 塑性变形较大，富有延性和展性。
5. 金属离子化时形成阳离子。
6. 金属易被氧化，其氧化物多数显碱性。
7. 合金化能改变其性能。

第二节 金属的结构

金属的原子呈规则排列形成晶体，因此金属与合金均属于结晶物质。通常将原子看作一个几何点，再假设将这些点连接，构成一个空间格子，各连线的交点称为“结点”，这种格子称为“晶格”，而这种组成晶体的最基本的几何单元称为“晶胞”。金属晶格的三种常规结构为体心立方晶格、面心六方晶格和密排六方晶格。

体心六方晶格的单位晶胞为正立方体，立方体的8个顶角和1个体心上各有1个原子。属于这种晶格的类型的金属有α-铁、铬、钼、β-钛等。面心六方晶格的单位晶胞也是由8个原子构成的立方体，但立方体的6个面心上还各有1个原子。属于这种晶格类型的金属有铝、铜、镍、银和金等。密排立方晶格的单位晶胞为六方柱体，原子排列在六方柱体的每个角上和上、下面的中心，在柱体中间还有3个原子。属于这种晶格类型的金属有镁、锌、镉和铍等。

金属结晶格子的类型与金属及其合金的性质有密切关系。金属中的原子以“金属键”的形式结合。金属键的键能较高，依靠金属键足以把这些结点连接一起形成牢固的金属晶格，并在金属发生一定变形时不致被破坏。

第三节 金属的熔融与凝固

金属从固态转变成液态的过程称为熔融，从液态转变成固态的过程称为凝固。因为金属凝固后形成晶体结构又称为结晶。金属的结晶过程可分为两个阶段：①在液态金属中产生结晶微粒-结晶中心或晶核；②结晶中心或晶核成长、增多，直到液体完全消失。

第四节 金属的形变

应力和应变：当材料受到外力作用时，材料内部所产生的与外力大小相同而方向相反的抗力，称为应力。此时在材料内部原子间产生的距离变化称为应变。

弹性形变和塑性形变：当应力小时，材料可产生与原来外形不一致现象。当除去负荷后，材料就可以恢复原来形状，称为弹性形变。当应力达到某种限度，除去负荷，材料不能完全恢复原形而产生永久变形时，这种永久性变形称为塑性形变。金属的塑性形变的基本特征是晶格内平面产生滑移，并伴晶粒间的移动和转动（即晶间变形）。

强度：金属材料在静外力作用下抵抗破坏和断裂的能力称为强度。

第五节 金属的冷加工与热处理

一、冷 加 工

金属在再结晶温度以下进行的变形加工称为

冷加工。一般通过锻造、冲压、轧制、挤压和拉拔等加工过程，使金属产生塑性形变。冷加工后金属内部产生应变硬化，金属的硬度、强度、弹性和磁性增加，延展性、韧性和抗腐蚀性降低。从微观来看，晶体内部晶粒破碎，晶格畸变严重，位错大量增加。但是上述金属在塑性形变后的组织结构是不稳定的，具有趋于结构最稳定的状态。

二、热　处　理

在寒冷条件下，原子活动能力很低，但如果加热使金属的温度升高，原子活动能力增大，可使结构还原。这种对金属加热处理的方法称为热处理。

1. 热处理的结构变化　热处理的结构变化一般可分为回复，再结晶和晶粒长大三个阶段。回复是变形晶体内晶格畸变逐渐缩小的过程，可使变形金属的内应力下降，所需温度较低。进一步升高温度后，原子重新进行排列，金属内部出现等轴晶粒代替旧的变形晶粒的现象，称为再结晶。再结晶后，晶粒内的晶格畸变消失，没有残存的内应力，位错数量显著减少，金属强度和硬度下降，塑性增加。再结晶温度与金属的纯度、原始晶粒大小、加热时间及塑性形变的程度有关。如温度继续升高或保温时间延长，则使晶粒互相吞并而长大，反而导致金属机械性能下降。

2. 热处理的方法　热处理的方法很多，可根据需要将金属在固态下进行加温、保温和用不同的冷却方式进行。例如钢的热处理可分为退火、正火、淬火、回火和表面热处理等5种方法。退火与正火的目的是降低硬度，提高钢的塑性便于加工，同时还可细化晶粒，使钢的组织和成分均匀，以改善钢的性能，还能消除加工成形过程中产生的残余内应力。其方法是将钢加热到临界温度以上，保温一段时间后，缓慢冷却到室温，如随炉温缓慢冷却者称为退火，而在空气中冷却者称为正火。由于正火的冷却速度比退火快，故正火的组织较细，强度和硬度较高。淬火是为了提高钢的强度和硬度，可将钢加热到临界温度以上，经保温一定时间后，采用快速冷却的工艺。但通常淬火钢不能使用，因为它的内部留有很大的内应力，必须经过回火处理后才能使用。淬火钢的回火可减少或消除内应力，提高钢的韧性，调整钢的强度和硬度，并可稳定组织结构，使之不致在使用中变形。表面热处理的目的是提高材料的表面硬度而使心部具有足够的韧性，有表面淬火及表面化学热处理两种方法。表面淬火的方法是将钢的表面迅速加热到淬火的温度，而保持心部的温度在临界温度以下，然后快速冷却。化学热处理是将材料置入某种活性介质内加热，使某些元素渗入材料表面，改变表层的化学成分和组织结构，以改善表层性能的热处理工艺。

第六节　金属的成形法

目前大致有4种金属的成形法：铸造、锻造、粉末冶金和电铸。

（1）铸造：将熔化的金属或合金浇注到预先制成的铸型中成为铸件的过程称为铸造。如临床常用的失蜡浇注法，可获得高精度的修复体。

（2）锻造：金属或合金在再结晶温度以下通过加工外力（拉、压、锤等）而产生的塑性形变称为锻造。如临床常用的不锈钢丝、镍铬合金片等均是锻造而成。

（3）粉末冶金：指金属粉末经加压成形，通过烧结以提高强度。

（4）电铸：指利用电解过程，在导电性物质上镀上所需金属。

铸造和锻造均为口腔临床常用的金属成形法，而粉末冶金和电铸法尚处于研究阶段，但是，目前一般认为电铸修复体与铸造修复体相比，机械性能较差。

第七节　合　　金

两种或两种以上的金属元素或金属与非金属元素所组成的具有金属性质的物质称为合金。例如合金钢由铁、碳、铬、镍、锰、钼和硅等元素所组成。制成合金的目的是改善金属的各种性能，目前在口腔临床应用的金属材料大多数为合金，如镍铬合金、金合金、钴铬合金、铬镍不锈钢及钛合金等。

一、合金的结构

组成合金的独立的最基本的单元称为“组元”

或“元”。组元可以是金属元素或非金属元素，也可以是稳定的化合物。例如铁碳合金中，纯铁和碳都是组元。

合金中化学成分、晶体结构和性能相同的部分称为相，相与相之间有明显的界面。例如，液态合金中析出两种成分不同或结构不同的晶体时，合金就是由三相组成，即液相和两种晶体相。当合金全部结晶后，液相消失，该合金则由两相组成。

合金相有两种基本结构类型，固溶体和化合物。

1．固溶体 一种组元均匀地溶解于另一种组元中所形成的晶体相称为固溶体。与液体溶液相同，固溶体中也有溶剂和溶质之分，保持晶格不变的组元称为溶剂，晶格消失的组元称为溶质。所以固溶体的晶格就是溶剂的晶格。

由于溶质原子在溶剂晶格中分布的位置不同，固溶体又可分为置换固溶体和间隙固溶体两种。溶质原子部分占据了溶剂原子晶格结点的位置而形成的固溶体，称为置换固溶体。可以无规则置换，也可以有规则置换。溶质原子分布在溶剂晶格的间隙之中所形成的固溶体称为间隙固溶体。

固溶体由于晶格发生畸变，增加了位错运动通过的困难，因而合金的塑性变形抗力提高，而使导电性下降。

2．化合物 金属化合物构成了合金的晶体相，化合物的元素全部由金属元素组成的称为金属间化合物。但化合物的元素也可由金属元素与非金属元素组成，如 Fe_3C。化合物不能单独构成合金，只能作为组元弥散地分布在固溶体或纯金属元素的基体组织中，提高合金的塑性变形抗力和抗磨性，能有效地改善合金的机械性能和热处理性能。单一化合物一般硬而脆，故不能单独使用。

二、合金的性质

合金的性质基本上与纯金属相似，但由于合金结构上的特点，使它的性质与纯金属有所差别。

1．熔点与凝固点 纯金属都具有共同的特点，其熔点与凝固点均为恒定不变的温度且两点温度相同。合金则不一样，其开始熔化与最后完全熔化的温度相差很大，在凝固时亦然。从合金的状态平衡图中可以清楚地了解合金的熔化与凝固，由开始至完成须经一段温度，而非固定在一点。在此一段温度范围内，固体相与液体相同时存在。合金的熔点是开始熔化的温度，其凝固点则是开始凝固的温度。所以合金的熔点一般较凝固点为低。

2．延性、展性、韧性 延性系金属具有能抽成丝的性能。展性系金属所具有的在锤、滚加工下能成薄片而不破裂的性能。韧性系金属在拉伸时抗断的性能，可由拉伸强度值为参考。合金的延性及展性一般均较所组成的金属为低，而韧性则增高。

3．硬度 金属材料抵抗硬性物体压入表面的能力称为硬度。合金的硬度较其所组成的金属为高。金属与合金热处理后均可改变其原有硬度。

4．传导性 包括导电和导热性。金属和合金均具有传导性。但合金的传导性一般均较原有金属差，其中尤以导电性减弱更为明显。

5．色泽 合金的色泽与所组成金属有关，但也有例外，如金合金中加入1/24的银已足可改变其颜色。

6．腐蚀性 金属和合金由于周围介质对它的化学作用而发生的破坏称为腐蚀。纯金属一般不易被腐蚀，对合金的腐蚀则视其结构及组成不同而各异。在合金中加入一定量的抗腐蚀元素如铬等，可提高抗腐蚀性，不锈钢等均属于此类。口腔临床所用合金，绝大部分要求具有良好的抗腐蚀性能。

第八节 金属的腐蚀与防腐蚀

金属的腐蚀到处可见，全世界有10%的金属制件是因腐蚀而被损坏的。若用于口腔临床的金属材料被腐蚀，不但使机械性能下降，还可能给人体带来危害。因此了解金属的腐蚀和采取合理的防腐蚀措施显得非常重要。

一、金属的腐蚀

金属受周围介质化学作用而引起的腐蚀，一般分为化学腐蚀和电化学腐蚀两种。

（一）化学腐蚀

化学腐蚀指金属和周围介质直接发生化学作用使金属损坏的现象。这类腐蚀的化学反应是氧化还原反应，其结果是金属表面生成氧化物等。金属与非金属元素进行化学反应而产生的化合物称为腐蚀

产物，有些化合物可加速或延缓金属腐蚀。金属腐蚀的发展程度取决于腐蚀产物（氧化膜）的结构和性质。致密、稳定的氧化膜形成后，腐蚀速度会明显减慢，如铬、铝等元素形成的氧化膜紧密稳定。若氧化膜的结构疏松，则腐蚀速度加快，并向内层扩展，如铁的氧化膜疏松，则容易被腐蚀。

（二）电化学腐蚀

电化学腐蚀即为金属与电解质溶液相接触，形成原电池而发生的腐蚀损坏现象。在腐蚀过程中必然伴有电流产生。这是因为金属在电解液中，有一些带正电的金属离子脱离而进入电解液，使金属呈负电，而电解液呈正电，因而使金属与电解液之间出现了电位差。溶入电解液的正离子愈多，这种电位差越大，人们常把这个电位差称之为“电极电位”。金属的电化学腐蚀普遍存在。如船舶在海水中的腐蚀、潮湿空气中的金属被腐蚀以及各种酸、碱或盐水溶液中金属的腐蚀等。口腔内合金的腐蚀主要是电化学腐蚀，因口腔内唾液是稀的电解质溶液，摄取的食物中可能含有大量的弱酸、弱碱性物质和盐类，停留于牙间的食物残屑分解而发酵产生的有机酸等均可构成原电池而产生电化学腐蚀。若在齿科用合金内有两种不同组成的合金相并存，则可形成原电池。电流从电极电位高的合金相流向电极电位低的合金相，使电极电位低的合金相不断溶解而腐蚀；不同金属或合金间的接触也可形成原电池。如口腔内两种不同合金的修复体相接触时就会形成原电池。电极电位低的合金形成正离子而被腐蚀，两种合金间的电位差愈大，则电流愈大，腐蚀愈快。

离子浓度不同，可形成原电池。若在水溶液中造成氢离子浓度低，也能构成一对原电池。如口腔内金属表面的裂纹、铸造缺陷及污物的覆盖等，都能降低该处唾液内的氢离子浓度而成为原电池正极，而处于阳离子浓度高的金属为负极，构成原电池可使负极金属腐蚀。

应力腐蚀也可形成原电池，由于冷加工而致金属内部的残余应力及铸造金属的晶粒内原子和晶界处原子所处的能量状态不同而存在的应力，即晶粒内的原子排列规则，处于低能量状态，而晶界处的原子排列不太规则，处于高能量状态，则其间存在着应力。有应力处的金属部分将成为负极而被腐蚀。

一般地说，金属或合金的结构愈不均匀，环境愈复杂，则腐蚀过程也愈复杂。金属材料的组成、物理状态、表面状态以及周围介质的组成和浓度，都可能确定腐蚀反应的性质。其他如湿度和温度的改变、金属表面接触的介质的运动和循环，以及腐蚀产物的溶解性和性质等也影响腐蚀过程。

二、金属的防腐蚀

在口腔内特定的条件下，由于合金组织不均匀、异种金属的接触、合金的应力及表面凹凸等原因，均可导致金属的腐蚀。在防腐蚀方面就应该注意：①使合金组织结构均匀；②避免不同金属的接触；③经冷加工后所产生的应力可通过热处理给予减小或消除；④修复体表面保持光洁无缺陷；⑤金属内加入某些抗腐蚀元素等。例如在18-8铬镍不锈钢中，加入铬和镍元素，可提高钢基体的电极电位，当铬的含量大于13%时，电极电位跃增，由$-0.56V$升高至$0.2V$，可明显改善钢的耐电化学腐蚀性。在钢中加入一定量的镍和锰，使钢在常温下也能成单相奥氏体组织，可减少钢内部组织中的电化学腐蚀。另外，加入一定量的铬、硅和铝等元素，则可在钢表面形成氧化铬、氧化硅和氧化铝等氧化膜。由于这是一层致密、稳定且能与基体结合紧密的氧化保护膜，或称为“钝化膜”，因而可提高钢的耐化学腐蚀能力。

（张彩霞）

第五章 印模材料

第一节 概 述

印模材料必须能够准确记录口腔软硬组织的解剖形态和空间关系。口腔修复体的绝大多数都得在口外制作，正确地选择印模材料，准确地制取印模，是使修复体获得成功的基本前提。在临床工作中，修复医师除了要有熟练的操作技术外，还必须对印模材料的种类、特点、组成、性能、应用范围有充分的了解，这样才能根据不同的修复要求，选择相应的印模材料，制取准确的口腔组织印模。

虽然目前可供临床选用的印模材料多种多样，但尚无一种材料能够满足临床应用的所有要求。一种理想的印模材料、其性能应该满足以下几点要求：

1. 操作简便，价格低廉。

2. 良好的流动性、弹性、可塑性。流动性可以保证材料在轻微压力下，既不使软组织变形，又能流至各细微部分，取得清晰的印模。弹性可使材料从组织倒凹下取出时不会造成永久形变，而影响印模的准确性。

3. 适当的固化时间和固化性能。ISO 要求印模材料从混合调拌开始到凝固的时间为 3～5 分钟。凝固后材料有足够的抗撕裂强度，以免印模从口腔取出和灌注模型时发生折裂或变形。

4. 良好的形稳性。印模材料在凝固后形态和体积的变化应该非常微小，尺寸稳定。印模材料的尺寸稳定性是影响修复体精确度的首要因素。

5. 患者易于接受。

6. 良好的生物安全性，无毒性和致敏性。

7. 与模型材料相容性好，不与模型材料发生化学反应。

8. 良好的储存稳定性。

印模材料的分类方法有多种，但因为其凝固后有无弹性直接影响到其应用范围，无弹性的印模材料不适宜有组织倒凹的口腔环境，所以一般按凝固后有无弹性将印模材料分为以下两大类：

1. 无弹性印模材料 如印模膏、氧化锌丁香酚、印模石膏、蜡。

2. 弹性印模材料 如琼脂、藻酸盐水胶体、硅橡胶、聚硫橡胶、聚醚橡胶。

口腔印模材料的研究现状和未来

口腔印模材料的种类虽然较多，但由于各自存在的不足，使目前国内外在印模材料的应用上，主要是藻酸盐类和合成橡胶两大类。国内以藻酸盐类为主，国外以橡胶类和藻酸盐粉剂型印模材料为主。橡胶类印模材料要匹配相应的超硬石膏，且价格较贵，在国内应用受到一定限制。近年随着材料科学的发展，印模材料也得到不断的改进、更新，其中有代表的是藻酸盐-合成橡胶印模材料。该材料由于含合成橡胶，使强度大为改观，又由于含藻酸盐而降低了成本，弥补了合成橡胶价格高的不足，是一类有前途的印模材料。

第二节 非弹性印模材料

一、印 模 膏

印模膏或称打样膏是一种加热软化，冷却变硬的非弹性可逆性印模材料。由于热软冷硬间没有化学变化发生，属热塑性物质。打样膏分为印模打样膏和托盘打样膏。ADA 定义印模打样膏为Ⅰ型打样膏，托盘打样膏为Ⅱ型打样膏。印模打样膏常用于无牙颌取模，有时也用于个别牙代型印模；托盘打样膏用于二次印模法时取初印模。

（一）组成

印模膏的组分中包含有大约 40% 的树脂，7% 的蜡，3% 的有机酸、50% 的填料和少量的着色剂。有机酸主要为硬脂酸，其调节材料的可塑性、韧性和软化点。滑石粉作为填料起赋形作用、调节流动性的大小，降低材料软化时的粘度。

（二）性能

印模膏在 37℃ 时应有最小的流动性，而在

45℃时应有充分的流动性。ADA规定Ⅰ型和Ⅱ型印模膏37℃时流动性分别要小于6%和2%，45℃时流动性要大于70%～85%。印模膏导热性较差，尤其是在加热和冷却时，往往表面层已经软化而内层仍然缺乏流动性，因而在软化材料时一定要均匀一致，使材料从表面到内部均匀软化后，方可放入托盘，取制印模。

印模膏可以在热水中或火焰上软化，不论软化或冷却必须有足够的时间，让材料的整体温度能完全一致。常用的方法是将印模膏放入70℃水中均匀软化，并于水中揉捏材料。Craig指出在水中揉捏1分钟，可使37℃时材料的流动性几乎提高一倍。软化温度过高时间过长，容易造成粘性大操作困难，并使成分中的低熔物质溶解流失影响性能；温度过低时间不足则材料流动性差，组织结构取印不足，表面不光滑，影响印模准确性。口腔最适合的取模温度是45℃，此时印模膏的流动性和可塑性均好。合格的印模膏在45℃时能清晰地取出宽度为0.2mm的V形沟。

印模膏的线膨胀系数较大，从口腔温度降至室温，其线性收缩可达0.3%～0.4%。印模膏的非晶体结构导致其在塑形过程中容易形成应力集中，冷却后印模中会有残余应力，在高温环境中或储存时间过长，印模也会发生尺寸的改变和挠曲形变。

（三）适应范围及使用方法

印模膏无弹性，在口腔中流动性小，不能精确复制口腔组织的阴模，一般不宜作为功能性印模材料。临床利用其坚硬度，制作个别托盘，再用其他印模材料制取二次印模。印模膏是可逆性印模材料，可反复使用，必须注意严格消毒。因为印模膏材料脆性大且易发生形变，所以临床上最好是用自凝塑胶制作个别托盘。

二、氧化锌-丁香酚印模材料

氧化锌-丁香酚印模材料是一种无弹性不可逆印模材料，呈糊状，又称印模糊剂。作为印模材料，是利用其调和后流动性大，可形成1～2mm的薄膜，复制出细微的口腔组织结构，印模准确性高。由于氧化锌印模材料的流动性过大、强度和韧性不够，只能与其他印模材料配合使用，作为二次印模材料。该材料凝固后无弹性，不能复制倒凹区，一般作为全口无牙颌衬层印模材料或无倒凹牙体印模。

（一）组成和凝固反应

氧化锌-丁香酚印模材料的主要成分是氧化锌和丁香油，分别包装在两个组份中。常见双糊剂型，也有粉液型。一些患者觉得丁香油对软组织有灼烧感，现在已有以月桂酸替代丁香油的产品问世。

氧化锌和丁香油酚的反应是丁香油酚内的正甲氧基团与氧化锌中的锌离子形成配位键，生成具有两个五元环的丁香油酸锌螯合物。完全脱水干燥的氧化锌与丁香油酚不起反应，氧化锌中含2%的水24小时凝固，水含量增大到5%15分钟凝固。

（二）性能

1. 调和度和流动性　氧化锌-丁香酚印模材料，无论粉液型，还是双糊剂型，调和比为体积比1∶1。调和时必须均匀。调和不均匀，组织受压不一致产生变形。材料的流动性要适当。流动性大，使印模松弛，流动性小而浓稠时，压迫组织影响印模准确性。

2. 尺寸稳定性　氧化锌-丁香酚印模材料的尺寸稳定性较好，在硬化时产生轻微的收缩，小于0.1%可忽略不计。因此，只要初印模准确，就能保证印模的准确性。

3. 凝固时间及凝固时间的调节　按ADA第16条规定，起始凝固时间为3～5分钟，终凝时间10～15分钟。有水存在、高温、高湿均可加快凝固速度。若将调拌器械冷却或在混合物中加入少量硼甘油酯则延长凝固时间。

4. 强度　因为氧化锌-丁香酚印模材料只是作为二次印模材料并且不用于有组织倒凹区，所以对其强度的要求不高。其硬化2小时后的压缩强度可达7MPa。

三、印模石膏

石膏一般是作为模型材料，在早期以其作为印模材料是因为其取材方便，价格低廉，流动性和可塑性尚好，凝固后的印模清晰准确。但其性能远不如现代性能优越的印模材料，一般仅用于无倒凹组织的无牙颌及固定修复取制印模。作为印模的石膏

芳香型调味剂改善口腔的感觉，并调整凝固时间，一般在3分钟。

印模石膏水粉比例水60ml，石膏粉100g。水量多使凝固后的石膏孔隙率增高，强度降低，以便印模在口腔中分段取出时不因强度大取出困难，避免损伤患者口腔的软组织。水量稍多，还可使结晶中心的形成相对减少，降低初凝膨胀，提高准确性。

印模从口中分段取出后在口外拼对固定，灌注模型时注意涂分离剂。在石膏中加入适量的可溶性淀粉，将取制好的淀粉石膏印模和灌注的模型一并浸入热水中，淀粉遇热膨胀则印模容易与模型分离。

四、复制模型用印模材料

以上叙述了在口腔内取制印模的无弹性材料，这是印模材料的一个大类，还有一类是在体外作复制模型用的印模材料，包括复制模型的低熔合金、石膏材料和包埋时使用的耐火材料。这类材料是在技工室使用的，所以又称为技工用复制模型的印模材料。

第三节 弹性印模材料

一、藻酸盐类印模材料

1947年，Eisenstark详细介绍了藻酸盐类印模材料的使用技术。随后，该材料便在口腔中被广泛应用。藻酸盐类印模材料是一种弹性不可逆的印模材料，因该材料的分散介质是水，又称为水胶体印模材料。藻酸盐印模材料具有良好的流动性、弹性、可塑性、准确性和尺寸稳定性，与模型材料不发生化学变化，价格低廉，使用方便等优点，成为目前国内应用最广泛的一类印模材料。但其精确度不如琼脂和橡胶类印模材料，并且与之对应的模型材料只能是石膏类模型材料，而不能是金属。常用的有藻酸钠、藻酸钾、藻酸铵印模材料。分粉剂型和糊剂型。粉剂型与水调和使用，糊剂型与胶结剂配合使用。藻酸盐印模材料还根据冬夏季凝固时间的不同分为冬用型和夏用型。冬用型凝固时间相对长些，夏用型短。

(一) 组成（参考配方）

粉剂型	藻酸钾	15%
	硫酸钙	16%
	氧化锌	4%
	氟钛酸钾	3%
	硅藻土	60%
	磷酸钠	2%
糊剂型	藻酸钠	350g
	无水碳酸钠	100g
	滑石粉	62.5g
	硼砂	2g
	甘油	10ml
	酚酞	适量
	香精	适量
	水	3000～5000ml

胶结剂：半水硫酸钙（熟石膏粉）

藻酸盐：溶于水而不溶于其他有机溶剂，溶于水后的藻酸盐呈溶胶状态，分子量越大形成的溶胶越粘稠。纯净的藻酸盐溶胶，不能满足印模材料的性能要求，须加入辅助材料，才能满足印模材料有良好的流动性、可塑性和弹性，达到印模清晰准确、精确度高等性能要求。

缓凝剂：常用的缓凝剂有无水碳酸钠、磷酸钠、草酸盐、磷酸三钠等。缓凝剂的作用是减缓藻酸盐溶胶与胶结剂硫酸钙的反应速度。由于藻酸盐溶胶与胶结剂硫酸钙的反应极快，无法满足临床需要的时间，加入缓凝剂延长反应时间。缓凝剂的使用量，按藻酸盐分子量、粘度和室温的差别控制。

填料：滑石粉、硅藻土、碳酸钙等。填料在印模材料中，属于惰性材料。填料含量适当，能增加藻酸盐凝胶的强度，使取制的印模保持良好的形状稳定。其在材料中的作用，是充实体积，增加硬度，提高抗压强度。填料粒子的大小，对材料也是很重要的。填料粒子越小，取制的印模精确度越高。

增稠剂：硼砂、硅酸盐等。增稠剂的作用，是增加溶胶的稠度，提高材料韧性，调节印模材料的流动性，并且有一定的加速凝固作用。

指示剂：指示剂在印模材料中指示反应过程。如酚酞是碱性指示剂，pH 8.3～10时为红色，配成10%的乙醇溶液加入材料中。当印模材料与胶结剂反应生成凝胶弹性体时，碱性逐渐降低趋于中

性，使取得的印模由最初的红色变为无色指示反应完成。

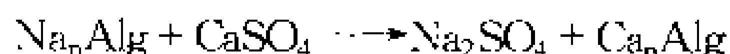
矫味剂和着色剂：香精、甲醛、麝香草酚等。藻酸盐印模材料属于海带科，有海藻的腥味，加入一定量的芳香型矫味剂和着色剂改善口腔的感觉。

稀释剂：稀释剂又称分散介质，藻酸盐印模材料的分散介质是水，给使用带来很大方便。

粉剂型藻酸钾印模材料的应用性能优于糊剂型藻酸钠印模材料。目前提供临床应用的粉剂型藻酸盐印模材料有多种品牌，其基本成分都大致一样，只是填加的辅助剂有些区别，而应用性能就各有优劣，修复医师可根据具体情况，依据产品介绍分别选用。

（二）凝固原理及凝胶构造

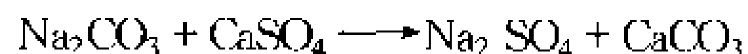
粉剂型藻酸盐印模材料与水混合或糊剂型与半水硫酸钙混合后的凝固反应是置换与交联反应。以藻酸钠为例，当藻酸钠与胶结剂硫酸钙的作用时，藻酸钠中的 Na^+ 与硫酸钙中的 Ca^{2+} 置换，生成硫酸钠（Na_2SO_4）和藻酸钙（Ca_nAlg）沉淀。



$$Na_nAlg + CaSO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + Ca_nAlg$$

交联反应是当钙盐取代两相邻分子的 Na^+ 离子时，产生两分子间的交相联结，互相交相联结的分子复合物形成网状的立体结构。置换反应和交联反应使可溶性藻酸钠变为不可溶性藻酸钙凝胶弹性体。

藻酸钠与硫酸钙的置换反应和交联反应极为迅速，以致使医师来不及操作，需加入缓凝剂来延缓反应的进行。如缓凝剂碳酸钠，它的作用是与藻酸钠竞争 $CaSO_4$ 最初释放出的 Ca^{2+} 离子，形成不溶性的碳酸钙盐，当加入的碳酸钠与硫酸钙完全反应后，Ca^{2+} 离子再与藻酸钠反应，使形成藻酸钙的速度减慢，达到临床需要的操作时间。减缓的原因，还由于反应速度随反应物浓度的降低而减小，填加物与反应物生成难溶性物质同时使反应物的浓度降低，反应速度减慢。



$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + CaCO_3$$

（三）性能

1．溶胶的分散性及稳定性　藻酸钠印模材料的分散相质点为 1～100μm 之间，形成胶体分散系。溶胶质点吸附介质中的离子或本身电离后表面存在某些离子而带正电或负电，当溶胶质点运动而互相接近时，受相同电荷的互相排斥，使溶胶保持稳定。

2．流动性、弹性及强度　水胶体印模材料是溶胶状态进入口腔，并逐渐由溶胶变为凝胶，而具有良好的流动性，可复制组织的细微结构。ADA 规定印模材料最小能复制的组织结构尺寸为 0.075mm。材料形成的水胶体具有弹性，可使印模顺利地从有倒凹的口腔内取出，而不致变形。藻酸钠印模材料的强度，ADA 规定为 0.35MPa。除材料的组成、种类、质量会影响凝胶的强度外，反应剂的种类，其他辅助成分的质量和组成也影响凝胶的强度。

3．尺度稳定性　由于水胶体凝胶的大部分体积是由水组成的，因而无论任何原因使水胶体中的水含量减少，就会出现凝胶裂隙。这种因凝胶水含量减少出现的凝胶裂隙现象，称为凝溢。反之凝胶吸收水分出现膨胀。水胶体因吸收水分产生的膨胀现象，称为渗润。渗润和凝溢是水胶体的特性之一。水胶体印模材料的渗润和凝溢现象，可使印模改变其尺寸的稳定，影响印模的准确性。因而对水胶体印模材料要求在完成印模后尽快灌注模型，以免渗润和凝溢作用影响印模的精度

藻酸盐水胶体印模材料在凝固初期存在持续的渗润作用，继而出现凝溢，使印模出现裂隙。将藻酸盐印模置于空气中或水中，都会发生严重的形变。藻酸盐凝胶在 100% 湿度下 1 小时仍具有较好的稳定性，若须保存，暂放在保湿装置中。ADA 规定，藻酸盐印模材料在制取印模时，其永久形变不得大于 3%。

4．凝固时间及影响凝固时间的因素　凝固时间是指从调和开始到藻酸盐印模材料凝固所需的时间，通常为 3～5 分钟。藻酸钠印模材料的凝固时间，按美国牙医学会 ADA 规定，室温 20～22℃、2～5 分钟凝固。

影响凝固时间的因素：

（1）藻酸盐印模材料中缓凝剂的量：缓凝剂多，凝固时间减慢，缓凝剂少，凝固时间加快。

（2）调和时藻酸钠糊剂与胶结剂硫酸钙或藻酸钾粉末与水的比例：胶结剂或水多，凝固时间快，胶结剂或水少，凝固时间减慢。

（3）温度对凝固时间影响：温度高，凝固快，温度低，凝固慢。临床工作中通常采用改变温度的方法，调整印模材料的凝固时间。

（四）应用

粉剂型藻酸钾印模材料的特点是粒度细，取制的印模精确度高，使用方便，取模时只要将粉剂与水按比例混合即可使用。由于藻酸钾、辅助材料、胶结剂的比例配制适当，凝固反应完全，即在生成凝胶中，既无未反应的藻酸钾，也无胶结剂硫酸钙，反应完全，印模尺寸稳定。同时由于藻酸钾取代藻酸钠，使凝胶强度增加，反应速度加快，印模表面光洁与模型分离方便。并且藻酸钾印模粉还由于保存期长、携带方便、省力，有利于临床使用。

使用方法：水粉比例按厂商要求计量，调和30秒，在口腔内1.5~2分钟，取出后水洗、灌注模型。

应用要点：

(1) 调拌用具注意清洁，若调拌用具残留陈旧印模材料或石膏碎屑等物质将影响材料的凝固。

(2) 水粉比例严格按生产厂家要求，调和时间一般在30~45秒之间。调和时间不足，会使印模强度下降，调和时间过长，会破坏凝胶而降低强度。

(3) 由于该材料吸收水分会导致材料的凝结，故在使用后应注意粉剂的密封，以免其吸收空气中的水分。应将材料贮存于干燥、阴凉的环境内，贮存期不超过一年。

藻酸铵印模材料的主要成分是藻酸三乙醇胺。与藻酸钾粉印模材料比较，是用藻酸三乙醇胺代替藻酸钾，碳酸盐取代磷酸盐。其他成分与使用方法相同于藻酸钾印模材料。

藻酸盐印模材料还可以与合成橡胶混合后形成牙膏管装商品，使用时挤入托盘即可取模。该材料由于含合成橡胶，使强度大为改观，又由于含藻酸盐而降低了成本，弥补了合成橡胶价格高的不足，提高印模的强度和精确度。是一类有前途的印模材料。

藻酸盐印模材料加入超微型的填料使取制的印模表面光洁度增加、精确度更高，可作为精密修复体制作的印模材料。

自从藻酸盐印模材料用于口腔领域以来，便有不少学者研究了该印模材料的操作方法与托盘的选择。Woodward等和Mendez都指出，有孔托盘比无孔托盘所取得的印模精度高。Hansson等指出，金属托盘比塑料托盘所取得的印模精度高。Glenn等却指出，托盘的选择不会影响到嵌体、冠和短距离固定桥的印模精度。

二、琼脂印模材料

1925年，Alphons首次应用琼脂胶体印模材料取模。此后，琼脂胶体印模材料便广泛地应用于口腔领域。琼脂胶体印模材料是一种弹性可逆的水胶体印模材料，如加温到100℃就可成为胶体溶液，而温度下降到39℃以下时，就可成为有弹性的凝胶，属于热塑性物质。使用时不仅应备有能调节温度的水浴，还应有具冷却装置的托盘，不是很方便，所以目前仅用于技工室翻制模型。其基本成分是琼脂，由海草中淬取而得的一种亲水性胶体，是一种半乳聚糖的硫酸脂类分子结构。

（一）琼脂印模材料的组成（参考配方）

琼脂	13 g
高岭土	12g
甘　油	8g
硫酸钾	2g
硼　砂	0.2~0.5g
麝香草酚	0.1g
棉花纤维	0.01g
水	余量

琼脂印模材料采用凝胶状态的琼脂。但纯净状态时的凝胶很脆，不能抵抗印模取制时的应力，加入少量硼酸盐增加凝胶强度和溶胶的粘度，起填料作用。需要指出的是硼酸盐，尤其是硼砂是石膏凝固时的减缓剂，影响石膏模型表面的凝固性能。所以要在石膏模型材料中加入适量的硫酸盐，以加速模型石膏的凝固作用，或将取制好的印模浸入硫酸盐溶液中，然后再灌注模型。有的产品加入硅藻土、二氧化硅、蜡粉等惰性材料作为填料，控制印模材料的强度、粘度、坚硬度和美观。甘油作为增塑剂。麝香草酚作为消毒防腐剂。

（二）琼脂印模材料的性能

1. 胶凝作用　琼脂作为印模材料是利用不同温度下凝胶和溶胶之间的转化，成为可逆性水胶体印模材料。温度的降低使溶胶状态的琼脂粘度逐渐变大，失去流动性，形成冻状的半固体状态，成为凝胶。胶凝是溶质溶解度减小，导致的结晶过程。凝胶中溶剂的数量可以很大，如琼脂印模凝胶中琼

脂仅占8%～15%，而作为溶剂的水含量达80%左右。凝胶转变成溶胶的温度需60～70℃。凝胶能够在温度的作用下转变为溶胶，是因为凝胶的内能比溶胶低。

2. 其他性能　琼脂具有良好的流动性，要使材料满足取制印模的条件，还需要处理好溶胶的粘度。加入填料或增稠剂硼砂，使增加材料的粘度增加。加入的量要适当，不能使粘度过大，以免影响材料的流动性。琼脂的粘度还受温度的影响，在接近胶凝温度时粘度增加很快。

琼脂印模材料与其他水胶体印模材料一样，可因渗润和凝溢作用改变印模的尺寸稳定性，因而要求形成印模后尽快灌注模型。如需要保存，放在2%的硫酸钾溶液中，或100%相对湿度的环境中。琼脂印模材料的抗压强度，ADA规定2.5MPa，低于这个强度取出印模时，容易产生印模的破裂，高于这个强度影响印模的弹性，给印模的取制带来困难。琼脂印模材料永久形变1%～2%，挠度4%～15%，撕裂强度0.07～0.08MPa。关于琼脂印模材料的精度，不少学者都进行了研究。Sawyer等在三单元固定桥实验模型上比较了几种印模材料的精度。结果是琼脂的精度优于藻酸盐，略差于聚醚橡胶。为了克服琼脂印模材料撕裂强度不够理想的缺点，一些内含硅橡胶的新型琼脂印模材料不断涌现。由于内含硅橡胶，所以其撕裂强度大大地增强了。为了克服琼脂印模材料从口中取出前需要冷却给临床操作带来的麻烦，Campaghi等介绍了注射琼脂印模技术。

3. 复模应用　在1920～1950年代，因琼脂印模材料具有流动性好，准确高，形成的凝胶韧性较好赋有弹性，取制印模时不易变形的优点，而广泛用于临床。但是印模形成胶凝的时间长，需采用冷却措施来缩短胶凝时间，在口腔内使用不方便，而逐渐被另外的印模材料代替。目前临床工作中主要作为复制模型的印模材料。复模应用的方法，将复模材料放在容器中加热，使之成为溶胶，再将复制的模型平放于玻璃板上，在其周围安放复模盒。通常在52～55℃溶液接近胶凝温度时注入复模盒内。注意复制的印模应具有均匀的厚度并防止过早注入，避免印模材料从模型处开始收缩。当材料凝固后及时取出三模，灌注模型。

三、琼脂/藻酸盐印模体系

琼脂印模材料的临床操作比较繁琐，但其印模的精确度要高于藻酸盐印模材料，采用琼脂/藻酸盐印模体系可以使两者优势互补，方便临床应用。自Schwartz于1951年首次建议采用琼脂/藻酸盐双重印模法取模以来，这种印模体系便得到了推广

琼脂印模材料一般是装在一塑料小管内，先在沸水中加热6分钟，即可直接应用，或保存在65℃恒温备用。现已有非常方便的小型电器设备供此用途。琼脂/藻酸盐双重印模技术的应用，即将装有琼脂溶胶的小管插入注射器内，注入完成牙体预备后的牙体周围，再用盛有藻酸盐印模材料的有孔托盘取模。一般3分钟后藻酸盐印模材料固化，而此时琼脂也已成为凝胶，可以将印模从口中取出，并不需再对琼脂进行另外的冷却措施。藻酸盐印模材料调和时需比一般多加10%的水，以增加其流动性和延长操作时间。

琼脂和藻酸盐之间的结合力大小是这种印模体系的基础。学者们经研究普遍认为两者间的结合力必须大于1.96N才能用于临床，能达到3.92～9.81N者最好。关于两者间的结合形式，学者们存在不同的观点。Skinner等认为两者间仅为机械性结合。Lewinstein等通过扫描电镜观察琼脂/藻酸盐的结合界面，发现结合力大的样本的结合界面处未见裂纹，因而认为某些琼脂和藻酸盐之间的结合，除了机械性结合外，可能还有化学性结合。关于琼脂/藻酸盐印模的精度，学者们普遍认为其完全可用于精密度要求高的铸造修复体、附着体、种植牙的修复。Herring等指出，琼脂/藻酸盐的精度与硅橡胶、聚硫橡胶和聚醚橡胶的精度无差别。

四、硅橡胶印模材料

硅橡胶属于高分子人工合成橡胶，是1958年发展起来的新材料，近年来在医学领域应用广泛。作为印模材料主要是利用材料具有良好的弹性、韧性、强度的特点。此外，硅橡胶印模还具有良好的流动性、可塑性、体积收缩小的优点，取制的印模精确度高、化学稳定性好，与模型材料不发生变

化，可以灌注几次模型。是目前印模材料中较理想的一类。主要用于制作铸造修复体的精密印模，需配合有孔托盘

作为印模材料的硅橡胶根据聚合反应类型，分为缩合聚合型和加成聚合型。

（一）缩合聚合型硅橡胶印模材料

1. 作用和机制 缩合聚合型硅橡胶印模材料，又称为Ⅰ型硅橡胶印模材料。该印模由基质端羟基聚二甲基硅氧烷、交联剂硅酸乙酯、催化剂辛酸亚锡及填料组成。商品形式有双组份和三组份。双组份是基质材料作一组份，交联剂和催化剂为一组份；或者基质材料和催化剂一组份，交联剂一组份。三组份是将基质、交联剂、催化剂分别包装三组份储存期比双组份长是其优点，双组分者在储存过程中自聚现象明显。缩合聚合型硫化硅橡胶的作用机制是，端羟基聚二甲基硅氧烷与硅酸乙酯中的四个乙氧基起交联反应，由线状聚合物交联成网状聚合物，同时生成副产物乙醇。在交联过程中借助催化剂辛酸亚锡的作用，使材料在口腔温度37℃下快速交相联结成弹性体。使用时按比例取量混合，即可取制印模。

反应过程中除用辛酸亚锡作催化剂外，月桂酸二锡也可作催化剂。交联剂三乙氧基硅烷也可代替硅酸乙酯。

2. 性能

（1）物理机械性能：硅橡胶生胶的抗张强度较低，但加入添料后，强度可提高几十倍，使常温下的抗张强度达4～10MPa，抗撕裂强度1～2MPa。硅橡胶抗张强度高是由于它的特殊结构决定的。高分子链中既有与无机盐类似的-Si-O-Si主链，又有由Si-O链构成的有机基团的侧链，这样的结构决定了硅橡胶既具有无机物的强度，又具有有机物弹性和可塑性的优点。其弹性好是由于高分子间键结合微弱，但在某一点彼此又相联构成三维空间网状结构，这样的结构受拉力时键伸直，拉力消失时它们又回复到原来的卷曲状态。硅橡胶的收缩性能，经24小时后其线收缩量为0.1%～0.3%。其收缩的原因一是由于催化剂激发所产生的快速硫化，在口腔内的反应并不完全，在印模取出后反应还在缓慢进行，因而伴有轻度的体积收缩。其次是硫化过程所产生的孔隙，造成在印模形成后乙醇的挥发使材料轻度收缩。

（2）凝固时间：缩合聚合型硅橡胶在室温23℃时10分钟凝固，口腔温度下3～6分钟凝固。凝固速度受室温及加入催化剂量的多少影响。因此，可根据室温高低，调整催化剂的用量。需要说明的是，凝固时间并不就是硫化时间，凝固时间是指从材料调和开始至凝固，成为弹性固体的时间，而完全硫化在凝固后还将持续一段时间。

（3）化学稳定性：缩合聚合型硅橡胶具有良好的化学稳定性。在高温热空气条件下，硅橡胶均很稳定。实验证明，普通硅橡胶在250℃下，不会激烈分解，经特殊配制的胶料在300℃仍能保持稳定，在200℃热空气中，使用寿命为10000小时，在150℃下使用寿命可达30000小时。

硅橡胶在各种条件下，都具有较好的抗老化性能。在弱酸弱碱生理盐水中，性能几乎没有变化，经高压煮沸灭菌后性能不变，即使硅橡胶浸泡在3%的盐水中30个月，物理性能变化仍很小。

（二）加成聚合型硅橡胶印模材料

加成聚合型硅橡胶印模材料，又称为Ⅱ型硅橡胶印模材料。其主要成分是甲基乙烯基硅氧烷，加成聚合型硅橡胶与缩合型相比，不但具有缩合型的本质特性，而且在口腔内使用安全，其性能比缩合型更好，表现在以下三个方面：

1. 凝固后尺寸更加稳定 24小时内的尺寸变化稳定在0.1%左右，缩合型的尺寸变化为0.1%～0.3%。加成聚合型不受填料量的影响。而缩合型随所含的填料量的不同而变化。

2. 操作时间短，在口腔内凝固快 由于加成聚合型硅橡胶是在二甲基硅橡胶分子链中引入少量甲基乙烯基链节参与反应，侧链增加了双键，大大提高了硅橡胶的聚合凝固活性，使凝固加快，反应完全，可发挥印模材料的理想性能。

3. 印模精确度高、操作性能好 加成聚合型硅橡胶由于在凝固反应中是分子的加成反应，因而在固化过程中几乎没有低分子物质放出，反应后无水和醇等副产物，其稳定性优于缩合型，印模的精确度更高。加成型的压缩永久变形为0.2%～0.3%，远远低于（ADA）标准值的2%。是缩合型值的1/5～1/8。另外，加成型硅橡胶印模材料是以粘度相同的橡胶成分等量混合使用，给临床工作带来了方便。

（三）硅橡胶应用注意事项

1. 调和比例应以产品说明为准。

2. 用不锈钢调拌刀在洁净的玻璃板上调和。

3. 为严格控制凝固时间，必须严格掌握室温的高低及催化剂的用量。

五、聚硫橡胶印模材料

聚硫橡胶是50年代中期开始用于口腔作为印模材料。该类橡胶同硅橡胶一样具有强度好、弹性高、韧性大、印模精确及光洁度高等优点。按ADA标准可分为超高粘度（腻子型）、高粘度（浓稠型）、中粘度（一般型）及低粘度（注射器注入型）四类。

（一）组成

聚硫橡胶印模材料一般为双组份的膏剂，分装在两个金属软管中。一支以聚硫橡胶基质为主，约占80%，另加一些辅助材料；一支以氧化剂为主，常用的氧化剂是无机过氧化铅，还含有一些惰性油脂。过氧化铅使橡胶在室温下即可活化，较其他的过氧化物能使固化反应进行到最大程度。凝固机制是，聚硫橡胶与过氧化铅产生缩合脱水反应，聚硫橡胶两端硫醇基上的两个氢与过氧化铅中的氧结合，产生脱出2个克分子水，使聚硫橡胶的低分子链与链之间连接成为高分子缩合物。氧化剂还可用有机的过氧化物，如异丙过氧化氢，但不足的是过氧化氢的挥发将影响印模的尺寸稳定性。

（二）使用方法和性能

两组份按比例取量，在玻璃板或金属板上调和（调和比例和调和时间应严格按照产品说明处理），然后置于印模托盘中（需制作个别托盘），放人口腔4～6分钟凝固。但其强度和弹性在10分钟时才迅速改变，因而需要印模停留在口腔中10～12分钟。湿度和温度都可加速固化反应，应用时也要充分注意。温度对聚硫橡胶凝固的影响较为明显，20～70℃之间，温度每升高10℃，反应速率增加1倍。

聚硫橡胶印模材料无失水和吸水的缺点，故尺寸稳定性较好，可用于制作铸造修复体的精密印模。但聚合过程中有应力释放现象，同时还有轻微的体积收缩，所以也要求立即灌模。

聚硫橡胶作为印模材料不足之处是质地较软，材料必须有足够的厚度，一般不应少于2～3mm。其永久变形偏大，硬化较慢，时间不足取出印模易变形。应用不及硅橡胶印模材料广泛。

六、聚醚橡胶印模材料

聚醚橡胶也属于人工合成橡胶，是一种新型的橡胶印模材料。其机械性能比聚硫橡胶印模材料好，尺寸变化比聚硅橡胶印模材料小。其缺点是操作时间短，刚性大，脱模困难，需用特殊托盘。

（一）组成

1. 基质　主要成分是低分子量的聚醚，末端含有乙烯亚胺基团，通过催化剂彼此交联形成大分子橡胶。

2. 催化剂　苯亚磺酸钠。

3. 增塑剂　常用的增塑剂为乙二醇醚，可调节聚醚的粘稠度，改善其凝固后的弹性。

（二）凝固反应和性能

聚乙烯醚橡胶分子末端含有活性的乙烯亚胺基，在催化剂苯亚磺酸钠的作用下，开环产生交联反应，使低分子量的聚乙烯醚凝固成高分子量的弹性体。反应过程中不产生副产物，凝固时间约5分钟，体积变化小、性能稳定，硬度、韧性和弹性比聚硫橡胶和硅橡胶好。

聚醚橡胶的另一优点，是能吸收少量水分如灌注模型后，稍微膨胀，补偿印模材料本身的收缩，使灌注模型的模型体积变化很小，准确性高。聚硫橡胶邵氏硬度可达60，属于硬质材料，弹性小，不宜作为倒凹大而复杂的印模，使应用受到一定限制。聚醚橡胶属亲水性聚合物，凝固后不宜放在比较潮湿的地方或浸泡在水中，以免吸水后体积膨胀，影响印模的准确性。聚醚橡胶从口内取出时的变形率为0.5%～1.1%，灌注人造石或石膏后其张力应变为0.4%，加应力2分钟弹性应变为12%，去除应力，永久变形率为1.1%。聚醚橡胶印模材料受应力后，有良好的恢复能力。实验证明，一个印模可灌注多个模型。

七、其他印模材料

（一）复合印模材料

复合印模材料主要是合成橡胶与藻酸盐的复合体。这样的复合材料具有两类材料的优点，一方面

弥补了藻酸盐印模材料强度低、失水收缩吸水膨胀的不足，降低了合成橡胶价格，同时提高了印模的精度和强度，是一类值得推广的印模材料。

（二）无收缩性无牙颌印模材料

无收缩性无牙颌印模材料主要应用在牙槽嵴低平的全口无牙颌病例，其特点是防止材料在凝固过程中收缩，以保证印模的准确性。

（三）树脂印模材料

该类印模材料含有氟化锶树脂，形成软性双组份形式，使用时各取50%，揉合混均匀后取模。该类印模材料还可用来制作个别托盘，并应用在种植义齿修复，将种植体在口内的位置转移、固定在口外，以便制作修复体。

（四）蜡印模材料

蜡印模材料中含有铜粉，使该商品为青铜色，制成牙弓状态的成品，形成颌面印模，临床应用来检查上下颌关系及咬合情况。

（张 敏）

第六章 模型材料

第一节 概 述

口腔修复体绝大多数都是在口外制作的，这需要有能准确地复制口腔内软硬组织的形态的模型。口腔模型主要作为制作各种修复体的工作模型；也可以作为研究和记录模型；单个牙或几个牙的工作模型称为代型，牙的代型通常都是可以活动的；另外还有一类模型，即修复体的雏形，称为铸型。

模型材料是从口腔印（阴）模中提取阳模用的。常用的模型材料包括熟石膏、人造石、超硬石膏、低熔合金、电镀铜、电镀银和树脂等。因为模型材料和印模材料的相容性问题及其他的一些技术性问题，所以模型材料的选择取决于所使用的印模材料的种类和所制得的模型的具体用途。例如，水胶体印模材料就只适合于石膏模型材料和包埋材料；而如果用聚硫橡胶制取嵌体的印模，就可以电镀银作为代型的材料。人造石的耐磨性、强度等要好于熟石膏，所以铸造修复体的模型就应该用人造石。Craig 等给出了模型材料和印模材料的对应关系：

模型材料	印模材料
石膏	印模膏
	氧化锌丁香酚
	琼脂、藻酸盐水胶体
	印模石膏（需涂分离剂）
	硅橡胶、聚硫橡胶、聚醚橡胶
电镀	印模膏
	硅橡胶
电镀银	硅橡胶（疏水型）
	聚硫橡胶、聚醚橡胶
环氧树脂	硅橡胶（有些需分离剂）
	聚硫橡胶(需涂分离剂)、聚醚橡胶

为了保证修复体的质量，模型必须准确反应口腔组织的解剖形态，因而对模型材料提出了严格的要求，其中精确度和尺寸稳定性是首先要考虑的。

1. 精确度高，要求凝固后的模型体积变化小，尺寸稳定，复制的口腔组织解剖形态清晰。

2. 有良好的流动性、可塑性。口腔模型材料，应具有良好的流动性，在灌注模型时能充满印模的每一个细微部分。良好的可塑性可使材料在印模中稳定成型。

3. 有适当的凝固时间，从灌注到取出模型的时间，一般以 30～60 分钟为宜。

4. 抗压强度大，表面硬度高，耐磨。要求模型材料抗压强度大，能耐高温高压不破碎。表面硬度高，能经受修复体制作过程中的磨损。

5. 与印模材料不发生化学反应。要求模型材料与印模材料不发生化学反应，与印模材料相容性好，容易脱模，表面光滑清晰。

6. 操作简便，取材方便，价格低廉。

第二节 石膏类模型材料

ADA 把口腔科用石膏分为四种规格，Ⅰ型是印模石膏，Ⅱ-Ⅳ是模型材料和代型材料。Ⅱ型的主要成分是β-半水石膏，是由多数细微晶体形成的多孔集合体，水粉比例大，在我国称普通模型石膏。Ⅲ型的主要成分是α-半水石膏，即人造石。其表面结构比Ⅱ型好，是细微的板状结晶，水粉比例小，凝固后强度好。Ⅳ型的主要成分也是α-半水石膏，称为超硬石膏，其表面结构是细微的立方状结晶，致密的程度更甚，凝固后硬度更大，水粉比更低，接近理论的水粉比例 0.186。

一、熟 石 膏

熟石膏（plaster，$CaSO_4 \cdot 1/2\ H_2O$）由生石膏在常压下加热脱水煅烧而成。其方法是将生石膏（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）研磨成粉末，置于 110～120℃ 的温度下，驱除一部分结晶而得。

熟石膏因煅烧方法的不同，可得到α-或β-半水硫酸钙两种熟石膏。熟石膏为β-半水硫酸钙。β-半水硫酸钙的结晶疏松，形状不规则。

（一）熟石膏的组成

1. 半水石膏 又称半水硫酸钙，即含1/2结晶水的硫酸钙80%～85%。

2. 生石膏 未脱水的二水硫酸钙，即含2分子结晶水的硫酸钙5%～8%

3. 无水石膏 过度脱水的无水硫酸钙、即不含结晶水的硫酸钙5%～8%

4. 其他矿物质 碳酸盐、硫化物、二氧化硅、其他金属盐4%。

（二）影响熟石膏质量的因素

1. 生石膏的质量 采用纯度高，杂质少的生石膏制成的熟石膏质量好，反之质量差。

2. 加热脱水的温度、时间 将生石膏逐步加热到110～120℃进行均匀脱水，就能得到高质量的熟石膏。若加热不够，时间过短，则所含生石膏多，影响熟石膏的质量，反之加温过高，时间过长，含无水石膏多，使石膏细粉颗粒的晶体形成不规则的松孔形和凹凸不平的不定形晶体，增大了表面积，在凝固过程中，需要吸收更多的水，其膨胀变大，强度减小，影响熟石膏的质量。

3. 提高熟石膏强度的方法 临床应用较多的熟石膏，主要存在机械强度不足，表面硬度差等问题。应从改进生石膏的制作工艺和采用模型表面硬化处理两方面提高石膏强度。提高石膏的纯度、用石膏硬化剂代替水进行调和，或在模型表面直接涂布硬化剂，均可提高石膏表面硬度、光洁度，获得良好的效果。

（三）凝固原理

半水硫酸钙是轻度溶水的，9g/L。在与水混合后，过量的水使其达到一定的溶解度后，很快出现饱和状态转变为二水硫酸钙，二水硫酸钙的溶解度仅是半水硫酸钙的1/4，2g/L，很快形成过饱和溶液，结晶在过饱和溶液中析出，在凝固的过程中原有的石膏晶体，即为结晶作用的核心，然后以结晶核为中心析出二水硫酸钙的整体结晶。针状的二水硫酸钙晶体彼此交织成网，成为致密坚硬的固体。水化过程中放出热量，每千克分子熟石膏放出的热量为3900cal。

在反应过程中有晶体间水或溶剂凝结在晶体之间，石膏的强度受到影响，即石膏的初凝阶段。当晶体间的水挥发后，晶体得到联结，石膏的强度增加。

半水硫酸钙凝固的需水量，按比例准确计量，可提高模型的抗压强度。半水硫酸钙与水的比例可用混水率来表示。混水率（W/P）是水的体积除以半水硫酸钙粉末重量所得的分数。如100g的熟石膏与60ml的水混合时，混水率为0.6；实践证明，石膏模型材料其混水率越大，凝固时间越长，最后的生成物越脆，强度越低。这是由于混水率大，材料的结构疏松，形成饱和溶液时需要较多的水，由于水量增加，使二水硫酸钙的结晶核减少，结晶体间的相互交结现象也少，使材料强度降低。同时当多余的水挥发后，会形成一些微小的孔隙，称石膏的多孔性。混水率越高，孔隙越多，材料强度越低。

影响凝固速度的因素：

1. 熟石膏粉的质量 在制造熟石膏粉时，当加热脱水不够，含生石膏多，凝固速度加快。反之加热脱水过度，含无水石膏多，凝固缓慢甚至不凝。熟石膏粉在存放运输过程中受潮吸水，造成部分熟石膏粉发生凝固而变性，也会影响凝固的速度，甚至不凝。

2. 熟石膏粉与水调和的比例不当 水量过多，凝固时间延长，抗压强度和表面硬度明显降低。水量过少，凝固时间加快，膨胀率增大，而且气泡多，脆性大，表面粗糙，硬度不能达到要求。

3. 搅拌时间和速度的影响 搅拌时间越长，搅拌速度越快，形成的结晶中心越多，凝固速度越快，但膨胀率也大，强度降低。

4. 水温的影响

0～30℃，凝固速度随水温升高而加快；

30～50℃，凝固速度随水温升高无明显关系。

50～80℃，凝固速度随水温升高，反应剧烈二水硫酸钙晶体被冲碎，减少结晶中心的形成，使凝固速度变慢。

80℃以上，因高温，材料又再脱水，形成半水硫酸钙而不凝固。

（四）临床使用方法

先将水放入干净的橡皮碗内，逐渐放入石膏粉。水粉比例1:2。临床操作时是以观察石膏粉浸入水中后，表面没有过多的水为准。用调拌刀均匀搅拌，用震荡器或手震荡在印模内完成模型灌注。石膏模型在15分钟内产生初凝，1小时基本凝固，24小时完全凝固，其强度达到最高才能应用。初

凝时，石膏逐渐变稠，失去表面光泽和可塑性，此时能用刀切割，但到终凝阶段时，则不易用器械修整。

（五）临床操作注意问题

1. 石膏粉与水调和后，若发现水粉比例不合适时，应重新取量调和，否则再加入石膏粉或水，会造成结晶中心反应的时间和数量不一致，使凝固时间不同步，形成晶体间凝聚力减少的不均匀块状物，导致石膏强度降低。

2. 搅拌的速度不宜过快，以免人为带入气泡，形成过多的结晶中心，导致石膏膨胀，强度降低。

3. 灌注模型时应从一侧逐渐到另一侧，震荡缓慢灌注，排除气泡，以充分显示牙体及周围组织的解剖结构。形状复杂的印模，还应在组织面灌注超硬石膏，其他部分用普通石膏，以保证模型的强度。

4. 体积膨胀的处理　石膏在凝固过程中存在体积膨胀。这是石膏水化时所产生的二水硫酸钙晶体的长大以及水分蒸发后气孔的体积有所增大所致，石膏凝固膨胀的大小，与水粉比例有关，粉多时，由于结晶体迅速相遇而使凝固的石膏膨胀，水多时，结晶间的距离较大，互相间的推动力减小而降低膨胀。当石膏模型的膨胀影响修复体制作的精确时，可加入减膨胀剂或增膨胀剂，调整模型的精度（表 14-6-1）。

表 14-6-1　石膏膨胀的调整

类型	品名	用量	调节范围
减膨胀剂	硫酸钠	4%	膨胀降低 0.05%
	硫酸钾	4%	
增膨胀剂	醋酸钠	适量	膨胀增加 1%以上

5. 胶体体系如血液、唾液、琼脂或藻酸盐都会阻碍石膏的凝固反应，使材料的表面变软，更易被磨损。所以在灌模前必须充分清洗印模表面上粘附的血液和唾液。

二、人　造　石

人造石是熟石膏的一种，又称水石、硬质石膏，是由生石膏密闭式加热脱水制成，所得的半水硫酸钙是 α-半水硫酸钙。与 β-半水硫酸钙不同之处，在于加热脱水的方法不同，而得到的晶体颗粒不一样。α-半水硫酸钙晶体呈棱柱状，排列规则，β-半水硫酸钙结晶松散，排列紊乱。

人造石的制作方法，在 1000g 生石膏中加入 2g 的琥珀酸钠，与 100ml 水混合，搅拌均匀后，装入布袋，置于密闭的压力为 1.3 个大气压的容器内，加热 123℃，恒温 7 小时，取出放置干燥器中干燥 4～5 小时，粉碎球磨，过筛 120 目，加入适量的色素即成。这样的加热制作工艺，脱水均匀，纯度高，既不含未脱水的生石膏，也没有过度脱水的无水石膏，混合时需水量小，增加了强度。

人造石的混水率为 0.25～0.35。需水量低，孔隙率下降，强度增加。凝固时间 10～15 分钟；压缩强度 21～35MPa；布氏硬度 10～12；凝固膨胀率 0.1%～0.2%；弯曲强度 15.3MPa。人造石在强度、硬度方面都比普通石膏高，由于制作工艺复杂，价格较贵，国内主要用作复杂的活动义齿和固定义齿修复的模型。

三、超　硬　石　膏

超硬石膏又称超硬人造石，是一种改良的人造石，其性能比人造石又提高了一步，压缩强度可达到 50～110MPa，布氏硬度大于 17，流动性好，可得到形态精密的模型。

其制作工艺与人造石不同。将配制的过饱和二水硫酸钙溶液，置于密闭的蒸气压力锅中，在 135～145℃，0.2～0.3MPa 压力下处理制成。由于液相中的二水硫酸钙的溶解度远远大于生成的半水硫酸钙的溶解度，因而在反应系统中的二水硫酸钙不断溶解，半水硫酸钙不断析出，析出后的半水硫酸钙迅速干燥。用这样的方法得到的半水硫酸钙比人造石纯度高，晶体不变形，表面积小，混水率比人造石低，硬度和强度比人造石大（表 14-6-2）。

表 14-6-2　普通石膏、人造石、超硬石膏性能比较

性能	普通石膏	人造石	超硬石膏
压缩强度（MPa）	12	21～35	50～110
弯曲强度（MPa）	6	15.3	
布氏硬度	6～8	10～1	17
膨胀率（%）	1.15	0.1～0.2	0.085
混水率	0.4～0.5	0.25～0.35	0.22
密度	小	大	大
形态	晶体疏松	板状晶体	立方状晶体

超硬石膏在使用中要严格控制混水率，调拌最好在搅拌器内进行，调拌时间不超过50秒。灌模如果采用分步灌注（印模的组织面灌注超硬石膏，其他部分灌注普通石膏），须在超硬石膏未完全凝固前灌注普通石膏，以免两种模型材料分离。超硬石膏粉容易吸潮，吸潮后强度和硬度降低，同时影响凝固时间，必须贮存在封闭良好的容器中。超硬石膏加工条件复杂，产量低，价格高，用于精密铸造模型。

四、特殊用途石膏

主要指彩色石膏和低膨胀石膏。彩色石膏用作模型材料能将口腔不同组织区别，且该模型材料精度高，但价格较贵，仅选择使用。

第三节 其他类的模型材料

一、金属电镀模型材料

石膏类模型材料总会存在尺寸的变化，但如果采用电镀金属的方法获得模型，则此模型就不会有尺寸的变化。首先在印模的表面镀铜或镀银，然后再灌制模型，即可获得有金属镀层的模型。此模型虽然不及超硬石膏的模型精确，但其有足够的强度和耐磨性，可以允许在此模型上直接打磨和抛光金属修复体。

镀铜的代型通常由印模膏或硅橡胶的印模制得，镀银的代型则由聚硫、聚醚和一些疏水性的硅橡胶印模制得。在低电压的直流电镀设备下，以纯铜或纯银为阳极，以印模为阴极，镀铜以酸性硫酸铜为电镀液，镀银以碱性氰化银为电镀液，对印模进行电镀。镀银的电流要小于镀铜的电流。电镀的时间12～15小时，以获得足够厚度的金属层。电镀完成后，先在电镀壳内加入丙烯酸树脂、人造石或低熔金属，再以蜡片包围印模形成型盒，然后在形盒内灌注人造石得到模型。

需要特别注意的是镀银的电镀液氰化银具有毒性，操作时注意防止污染。此电镀液中不能混有酸性物质，以免形成剧毒的气体氰化氢。所以镀银和镀铜不能在一处同时进行，以免酸性的镀铜液污染镀银液。另外镀银的装置一定要严密加盖，以免毒性气体的挥发和扩散。

二、环氧树脂模型材料

环氧树脂可以用于制作冠、桥和嵌体的模型，其对应的印模可以是硅橡胶、聚醚橡胶或涂布有硅分离剂的聚硫橡胶印模。环氧树脂模型的强度和耐磨性优于超硬石膏，尺寸稳定性不及超硬石膏。

环氧树脂由环氧树脂和聚胺硬化剂组成，是一个双组分系统，两者混合后1分钟内即可引发聚合反应，操作时间15分钟，1～12小时后固化。由于环氧树脂的粘度非常大，所以在灌模时容易造成气泡，可以在灌模时采用离心印模的方法予以解决。此外须注意聚胺硬化剂有毒性，在操作时要防止其接触皮肤，并且材料在完全固化前不能使用。

第四节 牙 用 蜡

一、概 述

早在200多年前，蜂蜡便被应用于口腔内制取印模。此后，蜡在口腔的应用便得到了普及。可以说，现今的修复口腔根本离不开蜡的应用。牙用蜡的质量密切关系到所制作修复体的质量。

（一）组成和分类

蜡是一类有机大分子化合物，例如蜂蜡就是三十烷基棕榈酸，一种酯类化合物。牙用蜡由天然的或合成的蜡、胶、脂肪、脂肪酸、油、天然的或合成的树脂和着色剂等组成。蜡的分子结构中，羧酸的碳原子数越多，其熔点和软化点越高，相反则低。而醇的链越长，则软韧性越大，反之则小。蜡中的成分不同，使各种蜡的物理性能有所差异，呈现出不同熔点、硬度、韧性、脆性、流动性与可塑性、收缩性与膨胀性和压缩变形等。

牙用蜡按用途可以分为模型蜡、工艺蜡和印模蜡。模型蜡包括铸造蜡和基托蜡；工艺蜡包括盒形蜡、杂用蜡和粘蜡；印模蜡包括咬合蜡和正形蜡。盒形蜡是用在灌注模型时包围住印模，形成一盒形结构。杂用蜡可用于给成品托盘改形等方面。粘蜡可用于金属或树脂附件的暂时粘接固位。正形蜡在37℃时有100%的流动性，可以铺在印模的表面用于记录口腔软组织的细微结构。咬合蜡用于记录牙

齿的咬合关系。

（二）性能

1. 熔点范围与软化温度　蜡开始熔解的温度和全部熔解时的温度不一样，后者往往要升高5～10℃，这一段温度，称为熔点范围。石蜡的熔点范围是42～62℃，棕榈蜡是84～90℃。软化温度有两种含义，一是蜡本身有一个特定软化点温度，一是指广义的可供操作和塑形的温度。软化温度较重要，一般商品规格中只标明软化温度，因它与流动性和可塑性有密切关系。

2. 热膨胀率　牙用蜡的热膨胀率是口腔修复所用材料中最大的。一般蜡的热传导性低，热膨胀率大，热膨胀率大的蜡，收缩率也大。选择热膨胀率低的蜡，可降低其收缩率，提高蜡模的准确性。

3. 流动性　蜡的流动性，是指流变性和可塑性的结合。蜡的流动性影响蜡型的准确性，流动性差的蜡不能顺利流到预制的牙体点、线角内。蜡流动性的大小，是由蜡本身密度、粘度和软化温度所决定的。

4. 变形与应力松弛　不论采用什么方法制作蜡型，其内总会有残余应力的存在。随时间延长和温度改变，残余应力的释放会导致蜡型形状的改变，影响修复体的精确性。例如，将嵌体蜡置于37～39℃温水中，弯制成闭口的马蹄形，随后冷却定形，再将其投入37～39℃温水中10分钟，马蹄形会缓慢开口变形，开口最大时呈半圆形。这种蜡型遇热回复倾向，在室温放置时间长也会出现。这种现象是蜡在冷却时，具有收缩性，蜡的内部形成内应力。当蜡再次遇热时，内应力缓慢释放，形成应力松弛而随之变形。

制作蜡型时的温度一般会低于蜡的熔点，所以容易造成残余应力的存在。临床上常出现的现象是3/4冠蜡型的近远中侧面自动变形张开，卡环蜡型的卡环臂末端变形张开，全口托牙蜡型的后堤离开石膏模型0.5～1.0mm间隙，简单局部义齿马鞍蜡基托向颊舌侧张口变形等。如果在较高的温度下（高于50℃）制作或修整蜡型，每次只添加较小量的蜡，则会减小其变形的可能性，提高修复体的精确性。蜡型制作完成后应在30分钟内尽快包埋。如果必须储存蜡型，则应在低温下（如冰箱内）保存。

5. 其他性能　蜡的颜色，要与口腔有关组织有明显的区别，与模型材料颜色相区别，便于准确操作。要求铸造蜡在高温铸造时能气化，经挥发后不留下烧灼残渣，ADA标准规定其残渣不得多于0.10%；基托蜡在装盒去蜡时能除净，不留残渣。

二、常用牙用蜡

（一）铸造蜡

1. 组成　含石蜡60%，棕榈蜡25%，地蜡10%，蜂蜡5%。

石蜡的主要成分是26～30碳原子的碳氢化合物（或称链烷烃）。一般石蜡的熔点范围是44～65℃，分子量高的石蜡熔点较高。石蜡的流动性好，冷却凝固后有一定的收缩性，但收缩比较小。其硬度低，质松脆，易折断，雕刻性较差，熔于苯、醇、氯仿而不溶于酸。

地蜡主要成分为二十九酸与二十四醇。溶点范围68～72℃。熔点较高的在65～95℃之间，其结晶结构精细，韧性和柔性优于石蜡。加入在铸造蜡中，除韧性好外，还具有光泽度高的优点。

蜂蜡是一种脂类化合物，主要由十六酸、蜂花酯，加上饱和与不饱和的碳氢化合物以及高分子有机酸组成，其分子结构式为CH_{15}-H_{31}-COO-$C_{30}H_{61}$，呈白色、黄色或黄褐色。在室温下有韧性，口腔温度时具有可塑性而带粘性。在铸造蜡中的作用是其具有质软，易弯曲，韧性、可塑性、雕刻性好，有光泽等优点。

棕榈蜡为二十九酸与二十九醇及二十六酸与二十六醇的混合物。熔点范围在84～86℃之间，呈黄绿色，光泽强，硬度高，脆性大。在石蜡中加入2%～3%的棕榈蜡，可使石蜡的熔点从40℃提高到63℃。棕榈蜡的加入，为提高强度。加入达玛树脂，还可提高抗裂、抗脆性能，增加光滑性。精密铸造蜡中含达玛树脂30%。

2. 应用　铸造蜡主要用于制作各种金属铸造修复体的蜡模。作为铸造蜡，要求流动变形小于1%，热膨胀率在20～30℃时不超过0.3%～0.6%，精确度高，强度好，保证蜡模在取出时不变形。铸造蜡根据不同的修复需要，分为嵌体蜡和铸造金属支架蜡。ADA标准规定Ⅰ型嵌体蜡用于直接法嵌体制作，Ⅱ嵌体蜡用于间接法嵌体制作，Ⅰ型嵌体蜡比Ⅱ型嵌体蜡硬度大。嵌体蜡要求流动性好，软化温度合适，热膨胀

率小。铸造金属支架蜡，用于制作铸造金属支架、基托、固位体等的蜡模，在性能要求上，可稍低于嵌体蜡。铸造蜡的形状，除块状和条状外，还有成品的网状蜡、皱纹蜡、支架蜡、卡环蜡等，根据临床需要选用。

（二）基托蜡

基托蜡主要用于口内或在模型上制作基托、颌堤、人工牙等的蜡模。商品名称为红蜡片，分为冬用蜡（深红色，软化点38～40℃）和夏用蜡（粉红色，软化点46～49℃）两种。

基托蜡含石蜡70%～80%，蜂蜡20%，棕榈蜡（地蜡、川蜡）适量。

基托蜡具有质软、坚韧而不脆的性质，在加热变软后有适当的可塑性，冷却后有一定强度。基托蜡变软时不粘手，易成型，与石膏接触时不变色，喷灼后表面光滑，使用方便。将基托蜡在无烟火焰上烘软，按需要任意成型或雕刻各种外形，也可加热熔化后灌注蜡型。

（三）EVA塑料蜡

EVA塑料蜡是含有3%～5% EVA塑料的基托蜡或嵌体蜡。它具有弹性好，弯曲强度大，工艺雕刻性好，收缩与膨胀小，不易折断，韧性特别好，表面光滑等优点。EVA塑料是乙烯与醋酸乙烯的共聚物，该共聚物中乙烯与醋酸乙烯的比例是决定其分子量与性能（用熔融指数表示）的重要因素。其分子量的高低是根据用途而定的。当醋酸乙烯含量低（12%以下），共聚物是坚韧的，类似橡胶的半透明热塑性塑料，不能熔解于蜡中。当醋酸乙烯含量高（12%～40%），共聚物柔软，成为低熔点软弹性物或胶状物，可在100～130℃与蜡混熔，而大大改善传统蜡的性能。EVA中含醋酸乙烯20%～30%的效果较好。一般在基托蜡或嵌体蜡中加入EVA的含量大约为3%～5%。

（张 敏）

第七章　义齿基托树脂

病人牙列缺损或缺失后，需要口腔医生为其制作假牙（义齿），代替缺失的牙齿以恢复正常的咀嚼功能。一般全口义齿是由人工牙齿和基托两部分组成，基托将人工牙连在一起，并将人工牙所承受的咀嚼力均匀地传递给牙槽嵴。制作义齿基托的主要材料便是义齿基托树脂。

理想的义齿基托树脂应具有如下性能：

1. 具有良好的生物相容性　要求基托对组织细胞无毒性，对口腔粘膜无刺激性、无致敏性，不会产生溶血现象，不会致癌变。

2. 化学性能稳定　要求基托材料不溶于唾液及食物中，不会腐蚀变性，能耐受生物老化。

3. 具有优良的物理机械性能　要求基托在咀嚼受力过程中不变形、断裂，具有一定的硬度及耐磨性。比重要小，导热性要好，长期使用，性能不下降。

4. 表面能抛光，能根据需要而着色，以模仿牙龈的色泽，符合美观要求。

5. 材料价廉易得，能广泛推广使用。加工成型方便，操作简便。

目前，广泛使用的义齿基托材料是聚甲基丙烯酸甲酯树脂及其改性产品，根据其聚合固化方式分为加热固化型、室温固化型和光固化型义齿基托树脂三大类。随着材料学的发展，一些新型固化成型法不断出现，如注射成型法、微波固化成型法等。这些新的固化成型法还只处于实验阶段或小范围的试用阶段，未广泛使用。

第一节　加热固化型基托树脂

加热固化型基托树脂简称热固型基托树脂或热凝树脂，它能通过适当的加热而固化。

一、组　　成

热固化型基托树脂由粉剂和液剂两部分组成，粉剂的商品名叫牙托粉，液剂的商品名叫牙托水。牙托粉由甲基丙烯酸甲酯均聚粉或共聚粉、镉红、钛白粉等组成，牙托水由甲基丙烯酸甲酯、交联剂（少量）、阻聚剂（微量）、紫外线吸收剂（微量）组成。

1. 牙托水　主要成分是甲基丙烯酸甲酯（MMA），它是合成聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）的原料，亦叫单体。MMA在常温下是无色透明液体，易挥发，易溶于有机溶液中，微溶于水。MMA属于一级易燃液体，与空气以一定比例混合时，容易发生爆炸（表14-7-1）。

表 14-7-1　甲基丙烯酸甲酯物理性能常数

分子量	100.12
沸点（常压）	100.8℃
粘度（25℃）	0.569 厘泊
比热（20～30℃）	0.45cal/（g·℃）
密度	0.9431g/ml
聚合热	13.01kcal/克分子
闪点	10℃
比重 d^{20}	0.936
折光率 n_D^{25}	1.4118

MMA在光、热、电离辐射和自由基的激发下，容易发生加成聚合，形成聚合物，为了运输和储存方便，必须在牙托水中加入微量的阻聚剂。阻聚剂的加入量极微小（0.02%），不会影响正常聚合反应。

有些牙托水中加有1%～3%的交联剂，如双甲基丙烯酸乙二醇酯（EDMA）、双甲基丙烯酸二缩三乙二醇酯（TEGDMA）等，可提高基托树脂的刚性和硬度，改善了机械强度。但是，交联剂加入量过多，会使材料变脆，韧性变差、强度反而下降。

紫外线吸收剂（如UV-327或UV-9）可以吸收对聚合物有害的紫外线，保护分子链免受破坏，防止或减轻基托树脂的老化和变色。

2. 牙托粉　主要成分是甲基丙烯酸甲酯的均聚粉或共聚粉。牙托粉是决定基托树脂性能的主要因素。多年来，对基托树脂的改进，也主要是对牙托粉进行的。目前牙托粉的种类较多，性能也有所

不同。

(1) 甲基丙烯酸甲酯均聚粉：它是由 MMA 经悬浮聚合而制成，为无色透明的细小珠状，粒度在 80 目以上，其平均分子量一般为 30～40 万，分子量愈大，制作的基托强度也愈好，但是，聚合粉溶于牙托水中的速度就愈慢，面团期形成时间就愈长，不利于临床使用，因此，聚合粉的分子量应适中。

聚合粉在常温下很稳定，130℃以上可进行热塑加工，180～190℃开始解聚为 MMA。聚合粉受热软化后粘度很大，而其分解温度又不高，所以难以采用一般挤塑或注塑法加工制作义齿。

聚合粉能溶于 MMA 单体及氯仿、二甲苯、苯、丙酮等有机溶机中，不溶于水和醇。

(2) 甲基丙烯酸甲酯共聚粉：

①MB 牙托粉：是 MMA 与丙烯酸丁酯（BA）的嵌段共聚粉，由于聚合物中含有 BA 链节，由此粉制作的义齿基托的冲击强度和挠曲强度都有所提高。

②MMA-MA 牙托粉：是 MMA 与丙烯酸甲酯（MA）的共聚粉，该牙托粉调和时需牙托水较少，面团期持续时间较长，充填塑性好，耐磨性和耐擦伤性有所提高。国产的 YT 牙托粉及国外的 Palapont HS 均为此种牙托粉。

③MMA-EA-MA 三元共聚牙托粉：是 MMA、丙烯酸乙酯（EA）、丙烯酸甲酯（MA）的三元共聚粉。该粉溶于 MMA 的速率快，所制作的基托的机械性能有明显提高。

④橡胶接枝改性 PMMA 牙托粉：是甲基丙烯酸甲酯与橡胶（如丁苯橡胶）的接枝共聚物，其显著特点是所制义齿基托的冲击强度大幅度提高，韧性明显增强。

牙托粉中一般加有少量的引发剂，如过氧化苯甲酰。即使不特别添加引发剂，牙托粉中残留的引发剂也能引发以后的加热聚合。

为了使制成的义齿基托具有与牙龈相似的色泽，需在牙托粉中加入一些颜料，如钛白粉、镉红、镉黄等，以达到美观的目的。为适应不同牙龈色泽的需要，我国将牙托粉根据其颜色分为三种，即 1 号、2 号和 3 号，随着号数增大，牙托粉趋向红色。

有些牙托粉产品内加有少许红色合成短纤维，如尼龙丝或醋酸纤维素，以模拟牙龈的血管纹，提高义齿的美观性。

二、聚合原理

在临床应用时，将牙托粉和牙托水按一定比例调和后，牙托水缓慢地渗入到牙托粉颗粒内，使颗粒溶胀，经一系列物理变化而形成面团状可塑物，将此可塑物充填入型盒内的义齿阴模腔内，然后进行加热聚合处理。当温度达到68℃～74℃时，牙托粉中的引发剂过氧化苯甲酰发生热分解，产生自由基，进而引发甲基丙烯酸甲酯进行链锁式的自由基聚合，最终形成坚硬的义齿基托。其反应原理参见高分子概述一节。

三、使用及热处理方法

1. 模型准备　在充填基托树脂胶料前，石膏阴模腔需涂一层分离剂。

2. 调和牙托粉与牙托水　通常牙托粉与牙托水调和比例为 3∶1（体积比）或 2∶1（重量比）。也可按需要量先将定量的牙托水置于清洁的玻璃或瓷质调杯中，再将牙托粉撒入其中，直至牙托粉完全被牙托水所浸润但又看不出多余的牙托水，即为合适的比例。然后用不锈钢调刀调和均匀，加盖，等待调和物变为面团状可塑物。

3. 调和后的变化　材料调和以后，牙托粉开始为牙托水所溶解，牙托水逐步渗入牙托粉内，其渗入过程，按其宏观现象，人为地分为以下几个阶段：

(1) 湿砂期：由于牙托水尚未渗入牙托粉内，牙托水存在于牙托粉颗粒之间。因此，看上去好像水少粉多，此时调和阻力小，无粘性，触之如湿砂状。

(2) 稀糊期：此时牙托粉表层逐渐被牙托水所溶胀，颗粒挤紧，粒间空隙消失，在调和物表面显得牙托水多出，调和时无阻力。

(3) 粘丝期：牙托水继续溶胀牙托粉，牙托粉颗粒进一步结合成为粘性的整块，此时易于起丝，易粘着手指及器械。此期不宜再调和，要密盖以防牙托水挥发。

(4) 面团期：又称可塑期。牙托水基本与牙托

粉结合，已无多余牙托水存在，粘着感消失，呈可塑面团状，可随意塑成任何形状。此期为填塞型盒最适宜时期。

（5）橡胶期：调和物表面牙托水挥发成痂，内部则还在变化，呈较硬而有弹性的橡胶状。

（6）坚硬期：调和物继续变化，牙托水进一步挥发，形成坚硬脆性体。其中的牙托水并未聚合，牙托粉的颗粒间仅依靠吸附力结合在一起。

上述变化是一连续物理变化过程，最后形成的硬性脆性体并不是我们所期望的聚合体，其强度是很低的。

面团期是充填型盒的最佳时期。对于一般材料来说，在室温下，按照常规粉、水比，开始调和至面团期的时间是 20 分钟左右，在面团期历时约 5 分钟。临床上必须掌握好以上两个时间，以便能从容地充填型盒。

影响面团期形成时间的因素有如下几点：

①牙托粉的粒度：粒度愈大，达到面团期所需时间就愈长；反之，粒度愈细，时间就愈短。

②粉液比：在一定范围内，粉液比大，则材料容易达到面团期，粉液比小，则需花较长时间才能达到面团期。当然不能为了调整面团期形成时间而人为地改变粉液比，否则将影响基托的质量。

③温度：室温高，面团期形成时间就很短；室温低，面团期形成时间就很长。

为了加快或延缓面团期形成时间，可以通过改变温度来进行。在夏天，为了延缓面团期形成时间及面团期持续时间，可将调和物放人低温的冰箱中；在冬天，可将调和物用温水浴来加快面团期的形成。但不可在火焰上加热，因单体的液体或蒸气具有可燃性。在用温水加热时，注意不要让水接触到调和物，而且温度不可超过 55℃，以免引发聚合，而且调和物易变得较硬而无法充填型盒。近来，有人采用微波照射来缩短面团期形成时间，其方法是将调和物置微波炉中（功率 500W），照射 15 秒，照射后 1～2 分钟，即达面团期。用此法的优点是，加热内外均匀，速度快。不过，照射时间不可太长，以免固化。

4. 填塞　填塞操作应在面团期内完成。调和物经加压纳入型盒内，务必使其充满整个型腔。

5. 热处理　热处理是将填塞好的树脂加热处理，使其中的单体聚合，完成义齿基托的聚合。热处理通常采用水浴加热法，目前，常用的水浴热处理方法有如下 3 种：

（1）将型盒置于 70℃～75℃ 水浴中，恒温 90 分钟，然后升温至煮沸，保持 30～60 分钟。

（2）将型盒置于温水中，在 1.5～2 小时内（视充填树脂的体积大小而定）缓慢匀速升温至沸点，保持 30～60 分钟。

（3）将型盒置于 70℃～75℃ 水浴中，维持 9 小时。

上述方法中，第 1 种速度最快，第 2 种最简便，第 3 种基托性能最好。

热处理过程是单体的聚合过程。MMA 在聚合过程中，链引发阶段是吸热反应，当水温达到 70℃ 以上时，型盒中的树脂调和物的温度达到 60℃ 以上，此时引发剂 BPO 吸收热量分解产生自由基，引发 MMA 进行链锁式自由基聚合。在链增长阶段，聚合反应在极短的时间内放出大量的热量，由于树脂被包在石膏之中，石膏是热的不良导体，树脂温度会急剧上升。若此时型盒外水浴温度又很高，型盒内外不能形成较大的温差，型盒内热量不能有效散发，树脂的温度会迅速超过甲基丙烯酸甲酯的沸点，甚至达到 135℃。这么高的温度会使未聚合的 MMA 大量蒸发，最终在聚合的基托中形成许多气泡，这样将严重影响基托的质量，因此，热处理的加热速度应进行控制。

在热处理中，当水温达到 68℃～70℃ 时，引发剂 BPO 受热分解产生自由基，引发 MMA 聚合固化。聚合过程中放出大量的热量，使树脂内部温度迅速上升，但由于水浴温度较低，型盒内外温差大，可使部分热量向外传导散发，这样树脂的温度不致于超过 MMA 的沸点，也就不会在树脂内形成气泡。待聚合高峰过后，将水浴温度升至 100℃，保持此温度半小时至一个小时，以使基托较薄处及残留单体较彻底地聚合。

四、热固化型基托树脂的性能

1. 物理、机械性能　热固化型基托树脂物理、机械性能见表 14-7-2。

（1）机械性能：热固性 PMMA 基托树脂是目前较好的基托材料。但是它还存在着韧性不足、硬度不大等问题，有时会出现义齿磨损快、容易折裂

等现象，影响义齿的正常使用。近年来，一些具有高强度、高韧性的义齿基托树脂在临床应用，取得较好效果。如美国Dentsply公司的Lucitone 199和Kulzer公司的Meliodent材料，它们的冲击强度提高70%～90%，韧性得到明显改善。

表14-7-2 热固化型基托树脂的物理、机械性能

密度（g/cm^3）	1.19
透光率（%）	93
折射率（n_D^{25}）	1.49
热变形温度（℃）	94
吸水值（$\mu m/mm^3$）	≤32
线胀系数（$\times 10^{-6}$/K）	81
热导率（W/（m·K）	0.21
压缩强度（MPa）	70～120
拉伸强度（MPa）	50～60
挠曲强度（MPa）	80～120
冲击强度（kJ/m^2）	6～9
弹性模量（GPa）	2～3
布氏硬度（MPa）	186～205

（2）热学性能：热固化型PMMA基托树脂的热变形温度为94℃，若材料中加有交联剂，则随着交联剂含量的增加，热变形温度也不断提高。对于普通热固型PMMA基托，注意不要将其放人过热的液体中浸泡清洗或使用，以免基托变形，影响基托与口腔组织形态密合性。

热固化型基托树脂的热膨胀系数较天然牙、人工瓷牙、金属大得多，在冷、热变化中，由于膨胀程度不同，容易造成与树脂基托相连的瓷牙或瓷牙周围的树脂产生折裂，或导致基托与瓷牙及有关金属材料之间的结合发生松动，影响义齿的正常使用。

义齿基托树脂是热的不良导体，会影响被覆盖粘膜的温度感觉功能。

（3）吸水性：由于PMMA是一极性分子，由其制作的义齿基托浸水后，能吸收一定的水分。基托吸水后体积稍有膨胀，能部分补偿聚合造成的体积收缩，改善义齿基托与口腔组织间的密合性。根据国家标准，基托树脂浸于37℃水中，7天后的吸水值不能大于$32\mu g/mm^3$。

若失水干燥后，会引起义齿基托变形，因此，义齿取下后宜浸泡于冷水中。

（4）体积收缩：当MMA聚合后，密度增大，体积收缩，其体积收缩约为21%。当牙托粉与牙托水按容量比3:1混合，调和物聚合后体积收缩为7%，线收缩约为2%，这样的收缩率，临床上难以接受。事实上，临床上制得义齿的收缩率远没有这么大。对此有多种解释--般认为，基托树脂位于石膏型盒包埋之中，且形态复杂，聚合时温度较高，具有一定的可塑性，此时的聚合收缩可能多以表面的凹陷来补偿。在聚合后冷却至玻璃化转变温度（75℃）以下时，基托不再能够以塑性变形来补偿收缩，聚合收缩基本停止，义齿的收缩主要是冷却过程的冷缩。按照PMMA的线胀系数，可计算出冷却至室温时的线收缩率0.44%，此值与实验测得的值极为接近。一般义齿基托树脂的线性收缩为0.2%～0.5%。义齿的固化收缩往往会影响义齿与口腔组织间的适合性（即密合度）。

（5）应力及裂纹：义齿基托在热处理过程中会产生体积收缩，但是，由于基托树脂被紧面在石膏型盒之中，树脂与石膏模型间的摩擦阻力抑制了部分体积收缩，冷却至室温时，基托内部就有潜伏的应力存在。在以后的长期使用中，应力就会慢慢释放出来，导致基托变形，基托树脂内部及表面产生微细裂纹或裂缝，甚至最终导致义齿断裂。

2．化学性能

（1）溶解性：PMMA能溶解于MMA、氯仿、苯、甲苯、二氯乙烷、乙酸乙酯、丙酮中。酒精及一些消毒液，虽不溶解PMMA，但能使其表面产生微细的银纹，使表面泛“白花”，影响其性能及寿命，所以，临床上不能用酒精擦洗义齿。

一些具有交联结构的基托树脂（如牙托水中加有交联剂的），有机溶剂不能溶解它，但可溶胀。这种树脂抗银纹性也较好。

PMMA在水中的溶解度很低，按照国家标准，浸水7天后溶解值不应大于$1.6\mu g/mm^3$。

（2）老化性：高分子材料在日光、大气、受力和周围介质的作用下，出现发黄、龟裂、变形、机械强度下降等现象，称为老化。与其他塑料相比，PMMA的耐老化性是较好的。PMMA随着时间的增加，冲击强度略有上升，拉伸强度、透光率略有下降，抗银纹性及分子量明显降低，色泽逐渐泛黄。

3．生物学性能 固化完全的PMMA对人体的毒性很小，但是，临床使用的基托，由于聚合后不同程度地残留有MMA，而MMA对人体有一定的

刺激作用，特别是对口腔粘膜有刺激性。所以在临床上有时会发生个别患者对基托过敏，而产生变态性接触性口炎或者因残留的MMA刺激所造成的义齿性口炎。临床表现可以是局限性的轻度红斑或粘膜表面白色改变，也可以是多发性大面积的疱疹、糜烂、溃疡。反应的大小受多种因素的影响，如义齿基托中残留单体的多少，个体的敏感性等。

在人体接触MMA蒸气时，皮肤敏感较大者，会在局部发生红斑、感到瘙痒。为了确保医生及技工人员的身体健康，在操作中，应尽量避免用手直接接触未固化的调和物。

4. 储存　牙托粉与牙托水的储存性能较好，尤其是牙托粉，长期放置不会发生变质。牙托水应避光储存于低温、干燥、通风处，并远离火种。

五、应用中应注意的问题

1. 基托中产生气孔的原因　在基托的制作过程中，若不注意操作规程，会导致基托中产生许多细小气孔，气孔的存在会成为基托断裂的引发点，严重影响基托的性能。产生气孔的原因有以下几点：

(1) 热处理升温过快、过高：在前面热处理方法中已讲到，热处理不可升温过快、过高，否则，会在基托内部形成许多微小的球状气孔，分布于基托较厚处，且基托体积愈大，气孔愈多。

(2) 粉、液比例失调：主要有两种情况：

①牙托水过多：聚合性体积收缩大，且不均匀，可在基托各处形成不规则的大气孔或空腔。

②牙托水过少：牙托粉未完全溶胀，可形成微小气孔，均匀分布于整个基托内。多见于牙托水量不足，或调和杯未加盖而使牙托水挥发，或模型因未浸水和未涂分离剂而吸收牙托水所致。

(3) 充填时机不准：

①填塞过早：若填塞过早，容易因粘丝而人为带人气泡，而且调和物流动性过大，不易压实，容易在基托各部形成不规则的气孔。

②填塞过迟：调和物变硬，可塑性和流动性降低，可形成缺陷。

(4) 压力不足会在基托表里产生不规则的较大气孔或孔隙，尤其在基托细微部位形成不规则的缺陷性气孔。

2. 基托发生变形的原因

(1) 装置不妥，压力过大：若上下型盒仅石膏接触受力，加压过大时，易使石膏模型变形，导致基托变形。因此，应当严格按照规定装盒。

(2) 填胶过迟：调和物超过面团期，失去可塑性，若强迫填胶，强压成型，常使模型变形或破损，导致义齿各部位移位，以致基托变形。

(3) 升温过快：基托树脂是不良热导体，若升温过快，基托表层聚合速度较内部要快，产生的聚合性体积收缩不均匀，也能使基托变形。

(4) 基托厚薄差异过大：基托厚薄各处的聚合性体积收缩大小不一，也会使基托外形改变。

(5) 冷却过快，开盒过早：冷却过快，开盒过早，因基托内外温差过大，造成基托温度收缩不一致，而且会使基托内所潜伏的应力在出盒后释放，造成基托变形。开盒过早，还易使尚未充分冷却和硬化的基托被拉变形。

六、义齿基托树脂微波热处理法

微波是一种波长小于10cm的电磁波，具有一定的穿透性。具有极性分子结构或极性基团的材料吸收微波后，分子被激发，互相摩擦产生大量热量，使材料内部温度迅速升高。MMA为极性分子，容易吸收微波而最终聚合，因此，用微波进行义齿基托树脂热处理是一种快速的方法。

微波热处理需要用特制的玻璃钢型盒，因为金属型盒对微波具有屏蔽作用。微波热处理过程是，将填好胶的型盒用特制的玻璃钢镙钉加压固定，然后放人微波炉内进行微波照射。一般先照射义齿组织面，时间2分钟，然后反转型盒，照射另一面，时间也是2分钟，最后在室温下冷却后开盒。

采用微波热处理的基托树脂，其力学性能与常规水浴热处理法基本相同。微波热处理法具有处理时间短、速度快、所制基托组织面的适合性好、固化后基托树脂与石膏分离效果好等优点。

七、义齿基托树脂的注射成型法

PMMA基托树脂还可采用注射成型法来制作义齿基托。该法先将牙托粉通过加热变为粘流体，再通过注射成型机的柱塞以极大的压力

将粘流态的PMMA注入型盒内的型腔中。由于未加单体，义齿基托由分子量较高的牙托粉直接制成，因此，机械强度高，而且，形态准确性、组织面的适合性都优于常规方法。由于注射成型法需专用设备，价格昂贵，使用也不方便，开机一次准备工作较多，时间长，只能适合于一次大批量制作义齿。

第二节 室温化学固化型义齿基托树脂

室温化学固化型义齿基托树脂又叫自凝型义齿基托树脂，简称自凝树脂。所谓“自凝”，乃是相对加热固化而言的，是指在室温下能够固化，不必额外加热的意思。

一、组 成

自凝树脂是由粉剂和液剂两部分所组成。粉剂又称自凝牙托粉，主要是PMMA均聚粉或共聚粉，还含有少量的引发剂BPO和着色剂（如镉红、钛白粉）。液剂又称自凝牙托水，主要是MMA，还含有少量的促进剂、阻聚剂及紫外线吸收剂（如UV-327）。

自凝树脂所用的引发剂一般为过氧化苯甲酰（BPO），其含量一般为聚合粉重量的1%左右。促进剂的种类较多，主要有两类，一类是有机叔胺，如N、N-二甲基对甲苯胺（DMT）、N、N-二羟乙基对甲苯胺（DHET），其含量一般为牙托水重量的0.5%～0.7%；另一类为对甲苯亚磺酸盐，如对对甲苯亚磺酸（TSA）、对甲苯亚磺酸钠盐（TSS）和钾盐（TSP），用此类促进剂聚合的树脂，色泽稳定性好。

二、聚合原理

自凝树脂的聚合过程与热固化型树脂相似，所不同的是其链引发阶段产生自由基的方式不同。BPO需在60～80℃温度下才能分解出自由基，欲使其在常温下分解出自由基，需要叔胺作为促进剂。BPO与叔胺在常温下就能发生剧烈的氧化还原反应，释放出自由基。所释放的自由基可以打开MMA分子结构中的双键，引发其聚合。

三、性 能

由于自凝树脂是在常温下通过氧化还原反应引发聚合，快速固化而成，与热固型化树脂相比，存在着分子量小、残留单体量多、机械强度低、容易产生气泡和变色等缺点。

1. 平均分子量　自凝牙托粉的分子量低，约为8～14万，而且MMA经氧化还原引发体系引发聚合后所形成的聚合物的平均分子量也较热固型的低，聚合物分子为短链状结构。因此，自凝树脂固化后的平均分子量低于热固型树脂，见表14-7-3。

表14-7-3 牙托粉与基托树脂的平均分子量(M)

	聚合粉	基托
自凝型	14.2×10^4	12.1×10^4
热固型	32.6×10^4	22.7×10^4

2. 残余单体　与热固型相比，自凝树脂的残余单体含量较多，而且残余单体量与聚合所用促进剂的种类有关，见表14-7-4。

表14-7-4 自凝型和热固型树脂的残余单体含量

树脂	促进剂	残余单体含量（%）
自凝树脂	DMA	3.02
	DMT	2.58
	TSA	2.80
热固型树脂		0.19

残余单体在基托中起着增塑剂的作用，既降低了强度，又加剧了氧化变色，还可能导致基托扭曲变形。

3. 聚合收缩　自凝树脂的线收缩约为0.43%，与热固型树脂相近，它的尺寸准确性与形态稳定性近似于热固型树脂。

4. 色泽稳定性　自凝树脂的颜色稳定性不如热固型树脂，其原因主要是树脂中残留的促进剂叔胺和阻聚剂的继续氧化，变色的程度与促进剂和阻聚剂的种类及用量有关。

5. 聚合热　自凝树脂在聚合反应过程中伴随有反应热的产生，产热量除与塑料体积大小有关外，还与促进剂或引发剂含量多少有直接关系。促进剂含量高，则反应热也多。高反应热反过来也促

使聚合的进行。反应热的大小与聚合时的环境温度也有关系。在一般情况下，环境温度高，反应热也大，固化也愈快。

6. 机械性能　自凝树脂的机械性能整体上不如热固型树脂。与热固型树脂相比，自凝树脂的韧性较差，脆性较大，刚性较好。采用 MMA-EA-MA 三元共聚粉可以改善自凝树脂的韧性，综合性能也有所改善（表 14-7-5）。

表 14-7-5　自凝树脂与热固型树脂力学性能比较

树　脂	挠曲强度 (MPa)	冲击强度 (kJ/m^2)	布氏硬度 (MPa)
热固型树脂	80～120	6～9	186～205
自凝树脂	55～65	4～5	150～170
自凝树脂（三元共聚）	70～80	5～6	150～170
自凝树脂（三元共聚高压聚合法）	80～90	6～7	170～180

四、应　　用

自凝树脂主要用于制作正畸活动矫治器、腭护板、牙周夹板、个别托盘、义齿重衬及暂时冠桥等，也可用来制作简单义齿的急件。

自凝树脂应用时，一般先将牙托水加入调杯内，然后再加粉于杯内，粉液比为 2:1（重量比）或 5:3（容量比），稍加调和后，加盖放置。待调和物呈稀糊时，可用糊塑法直接在湿模型上塑形，树脂固化前可适当加压。初步固化后连同模型一起置于 60℃ 热水浸泡 30 分钟，以促进固化完全，冷却后适当调磨咬合、打磨、抛光。

自凝树脂调和后，所允许的操作时间是有限的。一般在糊状期塑形，此期流动性好，不粘丝、不粘器具，容易塑形。若塑形过早，调和物流动性太大，不易塑形；若塑形过迟，调和物已进入丝状期，易粘器具，不便操作，也容易带入气泡。

自凝树脂在口腔内直接重衬或修补时，单体会使病人感到辛辣，而聚合时所放出的热其至会灼伤粘膜，特别是大面积重衬时尤应注意。在接触自凝树脂的软组织表面最好事先涂布液体石蜡或甘油，可起到一定的保护作用。此外，自凝树脂在个别情况下有过敏现象，症状为接触处有蚁走感、发痒、灼热及刺痛等感觉，局部可见有丘疹、水肿等症状。

第三节　光固化义齿基托树脂

光固化义齿基托树脂是随着光固化技术的发展而产生的一种新材料。该材料在使用前为面团状可塑物，可直接在石膏模型上制作义齿或在已有义齿上重衬。制作工艺简单，省去了传统义齿制作蜡型、去蜡、热处理等工序，使用方便。该材料经一定波长的光照射后固化，有充裕的操作时间。制作的义齿，在色泽、尺寸稳定性、适合性方面显示有潜在的优势。

一、组　　成

光固化义齿基托树脂一般为单糊剂型，产品为可塑状面团样物，并预制成片状和条状（表 14-7-6）。

表 14-7-6　光固化义齿基托树脂的主要成分

成　分	含量 (wt%)
树脂基质	30～40
活性稀释剂	5～10
PMMA 交联粉	35～40
无机填料	10～15
光引发剂	微量
颜料及红色短纤维丝	少量

树脂基质主要有 Bis-GMA、顺丁烯二酸酐改性的 Bis-GMA、异氰酸酯改性的 Bis-GMA。树脂基质做为聚合的主体，对最终基托的性能有决定性影响。

常用的活性稀释剂有 MMA、二甲基丙烯酸二缩三乙二醇酯、1，6-己二醇二甲基丙烯酸酯等，稀释剂的作用主要是调节材料的粘稠度。

PMMA 交联粉是 MMA 与二甲基丙烯酸乙二醇酯或二甲基丙烯酸二缩三乙二醇酯的共聚物。共聚物具有轻度交联的网状结构，在树脂基质及活性稀释剂中只溶胀，但不溶解，这样可以确保材料在固化前长期处于可塑面团状。

光固化基托树脂的光引发体系及聚合原理与光固化复合树脂基本相同。

二、性能特点

1. 固化特性　光固化义齿基托树脂，通常需要

放入专用的箱式光固化器内,经特定波长的光线照射一定时间后才能固化。一般光固化基托树脂对波长为430～510nm的蓝色光最为敏感,但是,由于光线穿透材料的能力有限,光固化基托材料的光照固化深度有一定的限度。就一般材料来说,固化深度在3～5mm范围,而且,停止照射,固化也随即停止。

表 14-7-7 光固化型、热固化型及自凝型基托树脂的性能

性能	热固化型	自凝型	光固化型
压缩强度（MPa）	70～120	60～90	80～130
挠曲强度（MPa）	80～120	55～65	50～170
冲击强度（kJ/m²）	6～9	4～5	<3
布氏硬度（MPa）	186～205	150～170	200～230
挠曲度 35N	1.45	1.51	1.37
（mm） 50N	2.63	2.80	2.28
吸水率（%）	2.16	1.88	2.13

2. 机械性能（表14-7-7）

由表可见，光固化基托树脂与热固型及自凝树脂相比较，其机械性能特点是：硬度高、刚性大、受力不易变性，但脆性也较大。这是由于基托树脂聚合后为网状体型结构，交联度较大。

3. 操作性能 光固化义齿基托树脂一般为单糊剂型，使用前不必调和，直接在模型上排牙塑形，有充裕的时间进行操作，而且，经光照射固化，固化时间短。

三、临床应用

光固化义齿基托树脂主要用于简单义齿制作、矫治器的制作、基托重衬垫、义齿修补、临时冠桥的制作及个别托盘的制作等。

（赵信义）

第八章　人　工　牙

第一节　塑　料　牙

一、概念及应用范围

塑料牙是由聚合物制成的人工牙，适用于作为牙列缺损、缺失修复中恢复天然牙冠外形和功能的牙冠材料。

二、性　　能

1. 良好的色泽　由于采用了多层成型法，目前大多数塑料牙均具有多层色特点，最多的达四层色，这样牙齿色泽的层次性及半透明性得到再现。有的塑料牙还加有荧光颜料，使义齿在一定光线下显示与自然牙相似的色泽。

2. 物理机械性能　塑料牙密度小，线胀系数大，弹性模量低，硬底低，韧性好，耐热震，吸水后尺寸略有改变，耐磨性差，有蠕变性，不适于对𬌗牙为金属、瓷牙的义齿。塑料牙与瓷牙及牙釉质性能比较见表14-8-1。

表 14-8-1　塑料牙、瓷牙与牙釉质性能比较

性　能	塑料牙	瓷　牙	牙釉质
密度（g/cm^3）	1.2	2.4	
线胀系数（$\times 10^{-6}\cdot K^{-1}$）	80	7	11.4
弹性模量（GPa）	2.5	80	46～130
硬度（VHN，MPa）	20	500	2940～4800

3. 与基托树脂的结合　塑料牙基托树脂的结合强度高于瓷牙与基托树脂的结合强度。这是因为塑料牙在组成上与基托树脂相似，二者间为化学结合。

三、常用塑料牙

（一）成品塑料牙

成品塑料牙是由生产厂家专门制作生产的人工牙，它可有不同的大小、形态、颜色和部位，通过不同的规格和型号加以标识。

1. 聚甲基丙烯酸甲酯塑料牙　临床上又将这类成品牙称作塑胶牙，它具有密度小，韧性大，不易碎裂和折裂，能与塑料基托牢固结合，易磨改抛光，色泽与天然牙接近等优点。缺点是强度低，硬度小及耐磨性差。工厂一般采用模塑成型、浇注成型、注压（注塑）成型等方法制作。

早期的PMMA塑料牙是由PMMA均聚物制成，其耐磨性和硬度均较差，为了改善性能，采用丙烯酸酯类二元和多元共聚物并加入交联剂聚合制作，使产品的性能得以较大提高。并已形成了不同规格的耐磨型塑料牙。

2. 工程塑料牙　成品工程塑料牙是由尼龙、聚碳酸酯和聚砜等工程塑料注塑而成。其优点是机械强度高、不易碎裂，缺点是吸水性大，与基托塑料结合较差，目前尚未广泛应用。

3. 复合树脂牙　为了提高塑料牙的强度和耐磨性，在塑料牙的基本成分中，加入一定量的无机物作增强填料。常用的填料是经硅烷活化处理的超微SiO_2类填料，如此制作的塑料牙表面光洁度高，色泽稳定性好，耐磨性和硬度明显提高，尤其是采用了不同颜色和基料的多层复合制作工艺，使塑料牙的色泽和半透明性更接近于天然牙，其外层耐磨性和硬度较高，内层韧性较大，各层树脂间牢固结合成一个整体，是目前较理想的塑料牙。

（二）成品塑料牙列

制作塑料牙列的材料与成品塑料牙的材料基本相同。其制作工艺是根据正常人的测量参数，选择制作钢模具，将塑料经调和、充填、加压、修整等工序处理后，置于烘箱中加热聚合成型（干热聚合法），再修整、磨光、抛光后即成。塑料牙列的型号是以＋直线宽度的毫米数为准，分为44、46、48、50、52、54六种型号。其中44型后牙为反𬌗，46型分正常和后牙反颌两种，48、50型均有上颌前突型，目前一

般有9种规格。

(三) 成品塑料牙面

制作成品塑料方面的材料和工艺与制作塑料牙基本相同，目前还有超薄型、遮盖型的塑料牙面由工厂生产。

(四) 造牙材料

造牙材料分热固化和室温化学固化型两种。

(1) 热固化型造牙材料：又称热凝造牙材料。由造牙粉和造牙水组成。其材料组成与热凝基托材料基本相同，仅是聚合物粉粒的直径和所加填料不同。造牙粉为大于120目的聚甲基丙烯酸甲酯均聚粉、共聚粉或与硬质填料复合的硬质造牙粉，再加入适量颜料染色即可。造牙粉的染色配方见表14-8-2。

表 14-8-2 造牙粉的染色配方

颜料	造牙粉（每500g聚合粉）			其他
	1号	2号	3号	
镉红	0.33	1.55	3.0	玻璃粉
镉黄	1.66	4.2	6.0	荧光素
钛白粉	45.0	74.0	75.0	其他等

(2) 室温化学固化造牙材料：又称自凝造牙材料，一般是在热凝造牙粉中加入引发剂BPO，造牙水中加入促进剂DMT，即成自凝造牙材料，其使用操作方法及注意事项同自凝牙托粉。

第二节 陶 瓷 牙

一、概念及应用范围

成品陶瓷牙是由工厂加工生产的各种规格型号和色号的陶瓷牙，主要用于牙列缺损缺失的修复。

二、原 料 组 成

成品陶瓷牙主要由石英和长石组成，因在基料中加入的成分不同而分为体瓷料及釉瓷料，基料的基本组成为：长石24.2%；石英47.2%；硼酸19.7%；硼砂7.8%；硫酸钠1.1%。

制作方法是：将混合配料置于坩埚内，在1400℃温度中，熔成透明玻璃体，然后聚冷、粉碎而成。

体瓷料、釉瓷料的配方如下：

	体瓷料	釉瓷料
基料	93%～94%	98%
石英	4%～5%	
高岭土	2%	2%
玻璃粉	0.75%	0.15%

为了获得满意的修复效果，一般在体瓷的基料中掺入某些着色剂和结合剂等成分。着色剂有氧化钛、氧化铜，按色号要求增减用量。荧光剂有氧化锶、氧化锗等，结合剂如蜡、硬脂酸、羧甲基纤维素等有机物。陶瓷牙的组成及制作工艺的差异直接影响陶瓷牙的物理机械和化学性能。体瓷料和釉瓷料的制作方法同基料。

三、种 类

成品瓷牙的种类：按数目分为全口牙、部分牙和个别牙。按固位形式分为有孔瓷牙、无孔瓷牙、固位钉瓷牙。按加工形式分为双层瓷牙和多层瓷牙。按色泽又分为各种色型，按殆面形态，又分为解剖式、半解剖式和无尖瓷牙。成品陶瓷前牙及牙面按唇面形态又可分为尖圆形、椭圆形及方圆形。

四、性 能

成品陶瓷牙的主要性能参数如下：

压缩强度	＞160MPa
透光率	0.35～0.55
含砷量	＜0.0002%
pH值	5.9～6.8（煮沸24小时）
溶解度	＜1.4%（24小时的水溶解度）

五、制 造 工 艺

陶瓷制品制造工艺均需经过配料、成型和烧结三段流程。

按规定比例将各成分混合，借赋形剂使干燥状态的混合料能赋形并具有一定的机械强度，以便于模塑、成型。

成品陶瓷牙的烧结过程分为四个阶段，即氧化、收缩、烧成和变形阶段。在600℃以前是氧化阶段，此阶段主要是将赋形剂和脱模用的油脂充分氧化除去，避免在瓷坯产生气泡。600～825℃之间为收缩阶段，此阶段瓷料颗粒逐渐熔化。颗粒相互熔接，消除素坯中存在的空隙，逐渐成为致密玻

璃体，因此这一阶段出现很大收缩。825～925℃为烧成阶段，此时收缩已完全稳定。超过925℃则开始变形，因此实际上不能超过925℃。成品陶瓷牙、陶瓷牙面的制造工艺流程如下：

混料→配色→混蜡→常压烧结排蜡→常压烧结→真空烧结→自然冷却→上釉→常压烧结→自然冷却→修整→包装。

（徐东选）

第九章　全瓷修复陶瓷材料

第一节　概　　述

全瓷冠桥修复体以其独特的美观性能及良好的生物相容性而倍受患者和口腔医生青睐，全瓷修复已成为当今口腔固定修复的主要发展趋势之一。迄今为止，已有过多种具有良好美观性、生物相容性和适合性的全瓷修复材料相继问世。1965 年，McLean 等研制出了含 50% Al_2O_3 的高铝瓷，其三点挠曲强度比长石质陶瓷提高了 50%，达到 70～150MPa；1973 年，Southan 等研制了含 85% Al_2O_3 的低收缩 Cerestore 铝瓷，三点挠曲强度 90～145MPa，采用失蜡法铸造底层，在其上塑面瓷而成；1984 年 Dentsply 公司推出了 Dicor 铸造玻璃陶瓷，通过失蜡法铸成玻璃修复体，再在一定条件下使玻璃析晶而瓷化，以获得良好的机械性能，材料的三点挠曲强度达到 112～228MPa；1990 年 Ivoclar 公司推出的 IPS-Empress 全瓷冠，用失蜡法将白榴石增强的玻璃陶瓷热压铸成全冠，表面着色上釉而成或先做出底层冠，再塑面瓷，但其材料强度仍不够高。上述全瓷体系在强度上虽均有不同程度的提高，但仍未解决瓷挠曲强度低，脆性大的缺点。这些制作全瓷冠的陶瓷材料系统，按制作技术不同可分为：常规粉浆瓷，铸造陶瓷，可切削陶瓷，热压陶瓷，渗透陶瓷。

McLean 认为，为了满足制备全瓷桥的要求，陶瓷材料必须达到 300MPa 以上的挠曲强度。目前这一观点已得到普遍认可，这一标准也限制了上述全瓷体系的广泛应用。按照此标准，目前只有 Procera Allceram、Vita In-Ceram、GI-Ⅱ渗透陶瓷、IPS-Empress 2 四种底层材料达到强度要求。

第二节　常规粉浆瓷材料

常规粉浆瓷修复是指在口腔修复治疗中，直接采用各种粉状瓷料用粉蒸馏水调拌成粉浆，涂塑在特殊耐火代型上，经过烧结制作陶瓷修复体的一种工艺过程，瓷料习惯称为烤瓷材料，又称烤瓷粉，一般适用于制作冠、嵌体、牙面等修复体。

一、种类和组成

根据不同熔点范围分为三类：

高熔烤瓷材料　1200～1450℃

中熔烤瓷材料　1050～1200℃

低熔烤瓷材料　850～1050℃

按材料的成分和性质又分为：长石质烤瓷和氧化铝质烤瓷。

1. 长石质烤瓷　长石质烤瓷作为口腔烤瓷材料已有相当长的历史，它具有独特的美学性能，它以长石为主要原料制得。

长石质烤瓷是以长石为主要原料，并与石英、白陶土及少量硼砂及着色剂等成分配合烧结而成的陶瓷材料。

口腔长石质陶瓷所用的长石为天然钠长石（$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$）和钾长石（$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$）的混合物。当长石在 1250～1500℃之间熔化时，成为一种结合剂，使石英和白陶土（$Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$）紧密结合。石英（SiO_2）可增加陶瓷材料的强度。白陶土具有一定的可塑性，有利于制作陶瓷制品时塑形，其优点是易与长石结合，增加陶瓷的韧性和不透明性，其缺点是失水后收缩很大。

长石、石英和白陶土是长石质陶瓷的基本成分，而组成比例的变化，将使长石质陶瓷的物理机械性能出现一些差异。

此外，长石质陶瓷中尚有少量助熔剂，其主要成分是碳酸钠、硼酸钠以及碳酸钾，用以降低陶瓷的熔点。助熔剂用量愈少，熔点愈高，孔隙愈多；相反，助熔剂用量愈多，则熔点愈低、孔隙愈少。还可加入白榴石晶体提高长石质陶瓷的强度。1989 年，Katz 首先发明了用白榴石增强的口腔长石瓷。随后，商业化的白榴石晶体增强的长石瓷已研制成功，如 Optec HSP。这种材料含有 41% 的白榴石

($K_2O·Al_2O_3·4SiO_2$)，弯曲强度是普通长石瓷的2倍，因此，一次成型就能完成全瓷冠的制作，具有良好的透明性和色泽，它已用于前牙牙冠和其他核瓷的饰瓷材料（表14-9-1）。

表14-9-1 长石质烤瓷原料组成（%）

	高熔烤瓷	低熔烤瓷
长石	61	60
石英	29	12
碳酸钾	2	8
碳酸钠	2	8
碳酸钙	5	1
硼砂	1	11

注：中熔烤瓷原料组成介于以上两者之间

2. 氧化铝质烤瓷　氧化铝质烤瓷是一种在长石质烤瓷基础上发展起来的烤瓷修复材料，由于其中含有较多的氧化铝结晶体，能提高烤瓷材料的强度。氧化铝质烤瓷由以下部分组成。

（1）核心部材料：含大约40%～50%的氧化铝（Al_2O_3）结晶体，粒度在30μm以下，强度高，烧结温度为1050℃，是作为烤瓷冠的核心部分，也是作为烤瓷罩冠的内层核心材料使用。

（2）外层材料：包括体瓷料和釉瓷料两部分。在体瓷料和釉瓷料中，同样含有氧化铝成分，但含量少于核心部材料。其烧结温度一般为900～950℃，氧化铝质烤瓷外层材料的组成（表14-9-2）。

表14-9-2 氧化铝质烤瓷材料的组成（%）

	高熔		中熔		低熔		低熔（真空）	
	体瓷	釉瓷	体瓷	釉瓷	体瓷	釉瓷	体瓷	釉瓷
SiO_2	72.9	65.1	63.1	64.3	68.1	67.6	66.5	94.7
A_2O_3	15.9	19.4	19.8	19.1	8.8	9.7	13.5	13.9
CaO					3.5	3.7		1.78
Na_2O	1.68	2.4	2.0	2.4	4.7	4.5	4.2	4.8
K_2O	9.8	12.8	7.9	8.4	8.4	8.1	7.1	7.5
B_2O_3		0.15	6.8	5.2	6.4	6.3	6.6	7.3
ZnO			0.25	0.25				
烧成温度	1300	1300	1100	1100	960	960	980	950

二、性　　能

（一）物理机械性能

经烧结后的烤瓷材料的硬度是目前口腔材料中较高的，接近于牙釉质的硬度，最适合作为牙体修复材料（表14-9-3）。

表14-9-3 烤瓷及其他材料的硬度比较

材料	布氏硬度（MPa）
烤瓷	4000～4600
牙釉质	300～380
牙本质	650～680
银汞合金	800～1100
硅酸盐水门汀	700～750
复合树脂	700～750
自凝树脂	150～170

作为牙体修复材料，耐磨性是非常重要的指标。在口腔材料中烤瓷材料的耐磨性优良，它与牙釉质相当，是牙体修复最佳选择的材料。

烤瓷材料的其他物理机械性能（表14-9-4）。

表14-9-4 烤瓷材料的物理机械性能

性能	普通长石质烤瓷	氧化铝质烤瓷	牙釉质
弯曲强度（MPa）	65	118	-
压缩强度（MPa）	172	1048	400
弹性模量（GPa）	83	123	84
热胀系数（$\times 10^{-6}$/℃）	12	5.6	11.4

（二）化学性能

烤瓷材料能耐受多种化学物质的作用而不发生变化，其化学性能相当稳定，长期在口腔环境内也不会发生不良变化。

（三）生物性能

烤瓷材料是一种惰性无毒、无刺激性、无致敏性等生物性能良好的材料。

（四）审美性能

烤瓷材料的着色性好，表面光洁度高，又具有透明和半透明性，能获得牙体组织的天然色泽。

三、工艺步骤

（一）成型

按临床要求，选择色调合适的烤瓷粉，以一定比例的蒸馏水或烤瓷专用液充分调和成糊状，在振荡的条件下，尽量排出粉粒间隙中的空气，增加其致密度，然后用特制的毛笔蘸取糊状物均匀涂布于代模上，再用雕刻刀加压雕塑修复体的外形。为了补偿烧结后的体积收缩，需将烤瓷预成体形态和尺寸均比正常体积放大13%～20%。在塑形过程中加压是非常重要的步骤，既可减少气孔的产生，又可减小烧结后的体积收缩；既可保持其强度，又可获得良好的透明性，然后充分凝涂脱水并在已预热到650℃的炉前干燥几分钟后，即可入炉烧结。

（二）烧结

将已完成的烤瓷预成体在真空烤瓷炉中进行烧结，其目的是使烤瓷预成体中烤瓷粉粒表面产生熔融而相互凝集成结晶体。

一般将烧结过程分为三个阶段：低温烧结阶段是将预热干燥后的烤瓷预成体放入炉内，逐渐升温，使其粉粒中玻璃质软化，产生流动，粉粒间开始凝集，由于凝集不全，烤瓷预成体呈多孔态而体积很少产生收缩。中温烧结阶段是粉粒间完全产生凝集而形成致密体，但此期将出现明显的体积收缩。高温烧结阶段是粉粒相互熔接形成牢固的结晶整体，此期体积收缩趋于稳定，但失去了原有光泽。当烤瓷预成体经过上述三个阶段的烧结后，然后离炉、冷却。经以上初次烧成后，还可根据需要对预成体进行调磨修改或修补再次烧结。经口腔内试戴合适后，最后再进行修复体表面上釉，完成最后一次烧结，但烧结次数和烧结温度对烤瓷修复体的强度和颜色将会产生影响，所以必须根据具体情况加以控制。在烤瓷的制成过程中应重视体积收缩和表面的审美问题。一般的解决办法是，选择粒度细而均匀的粉料；制作预成体时将其体积放大；烤瓷炉和预成体必须均匀预热，缓慢升温，在高温烧结阶段达到熔点时，可快速升温，使产生热塑性流动，可获得光滑表面和审美性。另外，在补瓷后应在相同的条件下重复烧结。

烤瓷材料在口腔临床的应用是比较早的，由于单纯采用它作修复材料时，存在脆性较大，易折断等问题。近年来采用氧化铝或晶须晶片增强的材料逐渐克服脆性易折问题，使烤瓷材料和烤瓷修复工艺得到更新和完善，它将逐渐成为口腔临床修复材料中最佳者。

第三节 可切削陶瓷

1986年西门子公司率先将口腔CAD/CAM商品化，生产出CerecⅠ型口腔CAD/CAM系统。但它仅能完成简单的嵌体和前牙贴面的制作，不能制作全冠和后牙嵌体的咬合面。1994年西门子公司又推出CerecⅡ型口腔CAD/CIM系统，不仅能完成嵌体、高嵌体及前牙贴面的制作，而且能制作全瓷基底冠和咬合面形态完整的全瓷冠。它是通过光学摄像系统采集印模，在计算机上进行修复体设计并将图形文件进行数字化处理传入计算机辅助制作系统，进行修复体的加工。1992年瑞士推出Celay Copy-milling系统，它的制作原理如同配钥匙一样，首先制出一个暂时性的树脂修复体轮廓，并以此作为模坯，用一机械式描绘系统描记模坯形状并使其同步传到加工系统，进行修复体的制作。这些CAD/CAM系统的研制成功为口腔全瓷修复技术提供了一条崭新的途径。它们均是采用工业预成瓷块，经过机械加工方法得到形状复杂的口腔修复体。常用的切削瓷有Vita MarkⅠ、Vita MarkⅡ、Dicor MGC、Dicor MGC-F、Vita In-Ceram alumina block、Vita In-Ceram spinal block。未来的口腔CAD/CAM系统发展趋势是：①操作将更简单，成本更低；②能够稳定地从口腔内或模型上获取牙体预备情况；③制作inlay、onlay和全冠完全自动化；④快速完成修复体不超过10分钟；⑤易于更新并力求准确地获取龈下边缘情况。

Procera Allceram材料

Procera Allceram材料是用99.9%高纯氧化铝纳米粉，通过加压成型，1350℃高温烧结而成的多晶致密氧化铝。其强度在现今所有口腔陶瓷材料中最高，达600MPa。但因氧化铝烧结致密化的收缩接近20%，需配合CAD/CAM技术制作放大的耐火代型以补偿收缩。底层制作好后，塑Vitadur N饰面瓷。目前也主要只能制作单冠，价钱较昂贵，操作复杂，限制了技术的推广应用，且底层材料不能模拟牙本质颜色。

第四节　渗透陶瓷

熔融的玻璃基质通过毛细管作用逐渐渗入到多孔的氧化铝或 $MgAL_2O_4$ 核的网状孔隙中，从而形成一个氧化铝和玻璃相连续交织互渗的复合材料（CIPC），称为渗透陶瓷。玻璃基质封闭了氧化铝或 $MgAL_2O_4$ 核的所有空隙，能有效限制裂纹的扩展，极大地提高了其挠曲强度，为其他普通口腔陶瓷材料的2～4倍，达到320～600MPa。

一、组　　成

渗透陶瓷由以下两部分组成。

1. 氧化铝或 $MgAL_2O_4$ 核　高纯度氧化铝（Al_2O_3）结晶体（>99.6），粒度在3μm左右，烧结温度为1100℃，形成多孔的氧化铝核心。

2. 玻璃基质　为特殊的镧硼硅玻璃，组成为：二氧化硅、氢氧化铝、硼酸、氧化镧、碳酸钙、氧化钛、金属氧化物着色剂等。玻璃的颜色和折射率对复合体的颜色和透光率起决定作用

二、制作工艺

In-Ceram技术：In-Ceram技术是法国人Tyszblat于1987年发明的制作高强度、低收缩全瓷冠的技术，也是口腔陶瓷全冠制作中唯一使用其专利技术命名的制作技术。Vita In-Ceram是1990年前后出现的一种粉浆涂塑（Slip-casting）全瓷修复体制作技术。其方法是将高纯度细颗粒的 Al_2O_3 粉末制成高体积分数（>65vol%）的注浆，涂塑在In-Ceram专用石膏代型上，通过石膏的毛细管作用吸收水分。然后将模型放在In-Ceram炉内在1100℃温度下烧结2小时，形成多孔的 Al_2O_3 骨架。在 Al_2O_3 骨架上，采用特殊的镧硼硅玻璃，在1150℃高温下进行渗透，玻璃基质通过毛细管作用逐渐渗入到多孔的氧化铝核中。经过玻璃渗透后的氧化铝核，再用Vita alpha瓷进行表面饰瓷，即可得到理想的类似于自然牙的修复体。常用的渗透陶瓷有Vita In-ceram alumina和Vita In-ceram spinal。

由于氧化铝骨架只是形成连续网状的多孔结构而非完全烧结，所以能保持修复体的净尺寸，材料的线收缩率仅为0.2%左右，从而保证了修复体与牙体良好的适合性。In-Ceram全瓷体系已成功用于临床上单冠及前牙短桥的制作，成为了一种比较成熟的全瓷修复技术。

三、性　　能

渗透陶瓷的强度主要是由体积比占75%的氧化铝基体的性能所决定的。氧化铝在复合体中起到增强、增韧相的作用，并保持材料的尺寸稳定性。玻璃相只占复合体体积的25%左右，主要是和氧化铝形成交联互渗结构（CIPC）。玻璃相是CIPC结构中的薄弱相，其热膨胀性能、理化性能、机械强度等是决定复合体性能的关键因素。氧化铝基体为未完全致密化烧结的多孔结构，本身为白色，透光率很低，复合体的最终颜色和透光性由玻璃赋予。

第五节　热压铸陶瓷

热压铸陶瓷是将预成瓷块在高温下加压注入模型腔内，形成修复体的陶瓷。热压铸陶瓷首先由瑞士苏黎世大学口腔修复材料系于1983年研制成功。1986年他们与列支敦士登口腔公司合作开发研制出IPS-Empress陶瓷块和Empress EP500热压炉。

组成：为含白榴石晶体的长石瓷，白榴石晶体含量达41.3%。

热压陶瓷制作工艺：热压陶瓷制作工艺是将修复体蜡型放置在一个特殊设计的圆柱形炉模上，用磷酸盐包埋料包埋。当模型加热到850℃时，打开上盖放入瓷块并盖上氧化铝推进棒，按下自控按钮，炉内即按给定程序自动加热到1150℃并维持20分钟，粘滞的玻璃陶瓷材料在0.3～0.4 MPa压力下注入腔型，完成瓷修复体的成型。在随后的瓷表面处理上有两种方法可获得满意的色泽。一是用与基体材料成分相似的表面釉瓷进行着色处理，得到相应的颜色，釉瓷厚度一般为50～60μm；二是表面饰瓷，在制作外形完整的蜡型后，去除将成为透明牙釉质部分的蜡，仅保留牙本质部分进行包埋，常规热压成型。然后，在表面用常规长石瓷进行饰瓷。热压铸技术不仅可使全瓷修复体成型，而且可提高瓷的致密度和白榴石晶体的含量，从而改善瓷的强度。这一技术具有操作简单、省时、费用低等优点，因而在临床上得到了广泛应用。常用的热压瓷有IPS-Empress。IPS-EmpressⅡ是近年来开

发出的一种新型热压陶瓷，其中的 $Li_2Si_2O_5$ 针状晶体是材料的增韧相，晶相的体积比达 60% 左右。优点是材料可以酸蚀，厂商报道材料的三点弯曲强度达到 450MPa 左右，O'Brein WJ 所测得的数据为 317 MPa。可用于制作前后牙单冠、前牙及双尖牙桥体。其底层用失蜡法热压铸而成，表面饰面瓷而成。底层也呈白色，缺乏牙本质颜色。

第六节 铸造陶瓷

一、概 述

玻璃在高温熔化后具有良好的流动性，可浇铸成任意形状的铸件，再将铸件置于特定温度下进行结晶化处理，能够析出结晶相而瓷化，使材料获得足够的强度，这种能用铸造工艺成型的陶瓷称铸造陶瓷。1972 年，Grossman 报道了用可切削玻璃陶瓷经熔化、铸造制作口腔嵌体、贴面和人造牙冠的修复技术。80 年代中期，登士柏公司和康宁公司合作开发出离心铸造机和瓷化炉。玻璃陶瓷修复体制作工艺是在高温（1350℃～1400℃）下将富含 SiO_2 和 K_2O 的玻璃进行熔化，通过失蜡技术进行玻璃的铸造成型，制成修复体的坯体。再经过 650℃ 的热处理成核并在 1075℃ 高温下控制晶核生长，形成四硅氟云母晶体，提高玻璃陶瓷的强度和韧性。由于这种陶瓷的透光性好并能混合来源于自然牙和周围软组织的颜色，产生变色龙作用（chameleon effect），因而，修复体的表面仅需着色处理即可满足一般临床要求。80 年代末期，临床医生开始利用铸造 Dicor 陶瓷制作基底冠，其表面用美学性能好的长石瓷作饰瓷处理，制作出一种新型的陶瓷全冠（willis glass crown）。常用的铸造陶瓷有 Dicor，Cera Pearl 和 Olympus。目前国内外均采用玻璃陶瓷作为铸造陶瓷材料，这是最近十年来才发展起来的一种新材料新技术。

二、种类和组成

（一）种类

铸造陶瓷材料的种类主要有两种：

1. 主晶相为硅氟云母的铸造陶瓷材料，如商品名为 Dicor，属于 K_2O-MgF_2-MgO-SiO_2-ZrO_2 系列；K_2O-MgO-Al_2O_3-SiO_2-F 系列铸造陶瓷等。

2. 主晶相为磷灰石的铸造陶瓷材料，如商品名为 Cerapearl，属于 CaO-P_2O_5-MgO-SiO_2 系列铸造陶瓷。目前，国内一些单位也研制出了磷灰石铸造陶瓷材料。

（二）组成（表 14-9-5）

表 14-9-5 口腔铸造陶瓷的组成

材料组成（wt%）			
1. 主晶相为硅酸氟云母的铸造陶瓷		2. 主晶相为磷灰石的铸造陶瓷	
K_2O	10～18	CaO	45
MgO	14～19	P_2O_5	15
Al_2O_3	0～2	MgO	5
SiO_3	55～65	SiO_2	34
F	4～9	其他	1
其他	0～7		

铸造陶瓷材料实质上是在某些玻璃基质中加入成核剂，使玻璃中析出结晶相，获得既有玻璃相又有结晶相同时存在的玻璃陶瓷。

三、性 能

口腔铸造陶瓷材料的导热率、硬度、透明性、折光率等，都与天然牙釉质接近。用该材料制作的修复体色泽逼真，具有牙釉质的透明和半透明性，与牙体组织贴合准确。此外，铸造陶瓷还具有较好的机械强度。

（一）物理机械性能（表 14-9-6）

表 14-9-6 铸造陶瓷材料的物理机械性能

性 能	Dicor	Cera-pearl	牙釉质
密度（g/cm³）	4.1	—	3.0
折射率（J/c.m.S.℃）	1.52	—	1.65
导热率（W/m·k）	0.0167	—	0.0084
热胀系数（×10⁻⁶/℃）	8.3	10.6	11.4
压缩强度（MPa）	530	590	400
弯曲强度（MPa）	152	—	77
拉伸强度（MPa）	—	150	—
弹性模量（GPa）	70	103	84
努氏硬度	362	—	343

（二）化学性能

铸造陶瓷在 37℃ 不同 pH 值的溶液中浸泡，均不发生任何腐蚀现象，是一种化学性质稳定的修复材料。

（三）生物性能

含硅氟云母结晶相以及含磷灰石结晶相两类铸

造陶瓷材料，均是无毒、无刺激性、生物安全性良好的材料。

铸造陶瓷的拉伸强度、孔隙率、密度、热胀系数、热传导、去蜡铸造技术、边缘贴合性、色泽稳定性和机械加工性等性能均符合临床使用要求，是一种效果非常好的口腔陶瓷修复材料。

四、制 作 工 艺

铸造陶瓷修复体是通过铸造方法成形的修复体，虽然，不同类型的铸造陶瓷，其制作修复体的工艺技术要求有所不同，但一般制作工艺均包括牙体预备、蜡型制作、铸造、结晶化处理、试戴、染色、上釉和粘接等步骤。下面以 Cerapearl 铸造陶瓷为例，介绍其修复体制作的工艺方法。

（一）铸造

采用常规方法完成牙体预备和蜡型制作，在蜡型最厚的部位，插入蜡铸道，另一端插在铸造座上。用磷酸盐类包埋材料包埋蜡型。要求铸造陶瓷材料和磷酸盐类包埋材料的热胀系数与铸造收缩率尽量接近。

铸造陶瓷材料一般采用无圈铸造法。方法是将蜡型和铸造座放于暂时性硅橡胶制的铸圈中，在真空状态下调和包埋材料 1 分钟后注入铸圈中。1 小时后材料发生凝固，此时从铸圈中取出铸模，然后将无圈铸模放入电烤箱中，分段缓加温。在低于100℃的温度中加热 30 分钟以上，再在 30 分钟以内将温度逐渐升到 500℃，最后升温至 800℃并保温 30 分钟，使蜡全部除净。

将已加热的无圈铸模送入离心铸造机中，并将铸造陶瓷原料放入坩埚内，在真空状态中加热至1460℃，使之熔化并铸入铸模内。铸造完成后，将铸模从铸造机中取出放入结晶炉中。

（二）结晶化热处理

铸造陶瓷材料的结晶化热处理目的在于，将经过熔融、铸造后的玻璃态材料转变为具有优于原始材料性能的玻璃陶瓷。铸造陶瓷铸造后再次加热，使其在玻璃相中析出结晶相，称为“结晶化”处理。

铸造陶瓷材料在铸造刚刚完成时，还具有一定的流动性，其结构也是非晶态的。当再次加热时，材料中析出的晶体将以成核剂为中心生长，形成 $Ca_{10}(PO_4)_6O$，但此时的化学性能还不稳定，在接触到水分后，即成为晶体结构的 $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ 即羟基磷灰石结晶体。结晶化处理后的铸件具有高密度结构、高机械强度、硬度大和化学性质稳定等特点。

在进行结晶化处理时，起始温度为 750℃，在此温度保持 15 分钟，使材料能进行有效地成核。然后，将结晶炉温度每分钟升高 50℃，直到 870℃并保持 1 小时，完成结晶化处理，即可形成适量的磷灰石晶体。

在结晶化热处理工艺过程中，影响铸造陶瓷材料晶体形成的数量、形式和性能的因素主要有：

1. 成核剂　在铸造陶瓷材料中引入成核剂，达到高密度均匀成核，是控制结晶化热处理的关键。

2. 成核温度　为保证在材料中均匀生长出大量的微小晶体而不是少量粗大的晶体，需要产生有效的成核作用，因此，必须对成核温度进行控制。如 Cerapearl 铸造陶瓷的成核温度控制在 75℃。

3. 结晶化温度　当结晶化温度过低时，铸造陶瓷中产生的结晶体数量过少，此时必须延长加热时间，当结晶化温度过高时，将会造成材料的强度下降和折光率降低。

4. 结晶化热处理升温速度　若结晶化热处理升温速度过快时，材料中析出的某些结晶体和材料中的玻璃相的密度不同，以及随着结晶化所造成的体积变化，导致在玻璃相和结晶相之间产生内应力。若采用缓慢升温，可使这些内应力被玻璃相的粘滞流动所消除，这样即可避免铸造陶瓷由此而产生的变形或破裂问题。

（三）试戴

结晶化热处理后，将铸模从结晶炉中取出，在室温中冷却，去除大块包埋材料。再通过喷砂将余留在铸件表面的包埋材料去除。然后用碳化硅切盘切断铸道，并用碳化硅小磨石打磨后试戴。

（四）着色与上釉

因结晶化处理后的铸造陶瓷修复体，颜色比天然牙白，需经着色和上釉焙烧处理。着色剂一般由 B_2O_3-SiO_2-Al_2O_3-K_2O 及其他微量金属氧化物组成。

（五）粘接

粘接前，先对铸造陶瓷修复体的粘接面进行机械喷砂粗糙及化学酸蚀处理，然后采用色泽适宜的玻璃离子水门汀与牙体进行粘接可获得较好的粘接

和审美效果。

铸造陶瓷作为嵌体、全冠等固定修复材料，具有颜色逼真，接近天然牙的色泽，机械强度较好，与牙体组织吻合好，制作工艺较为简单等优点。目前，铸造陶瓷已开始在临床应用，为今后口腔修复开辟了一条新的途径（表 14-9-7）。

表 14-9-7 临床常用口腔全瓷冠修复材料的比较

材料商品名	分类	晶体成分	晶体大小（μm）	弯曲强度（MPa）	断裂韧性（$MPam^{1/2}$）	弹性模量（GPa）	透光率（%）	其他特征	所需的特殊器材
Optec HSP	粉浆瓷	白榴石	10～15	105	1.29	64.9	27～35	对自然牙磨损大，一次成形易酸蚀	特殊代型材料
IPS Empress	热压瓷	白榴石	10～15	127	1.29	68.9	22～32	表面需着色或饰瓷，易酸蚀	特殊包埋料及热压炉
In-Ceram	渗透瓷	氧化铝	1～5	446	4.61	285	1～3	表面需饰瓷但不易酸蚀	特殊代型材料及高温炉
Dicor	铸造	云母瓷	5～7	125	1.31	73.5	48	表面需着色，易磨损，Dicor Plus易作核冠	特殊包埋料、铸造及瓷化设备
Dicor MGC	切削瓷	云母	1～5	184	1.5	68	32	硬度接近牙釉质，易酸蚀	CAD/CAM
Vita Mark 2	切削瓷	透长石	5	78	1.8	63	25～35	硬度接近牙釉质，易酸蚀，有数种颜色	CAD/CAM

（陈治清）

第十章　金属烤瓷材料

第一节　概念和应用范围

金属烤瓷材料，又称为金属烤瓷粉，口腔临床修复时，为了克服单纯烤瓷材料本身强度不足和脆性的问题，利用金属底层冠的强度在其表面熔附上一种性能相匹配的瓷料，这种瓷料就称为金属烤瓷材料，这种修复技术，称为烤瓷熔附金属工艺（简称 PFM），制作的修复体称为金属烤瓷修复体。由于此种修复体兼有陶瓷和金属两者的优点，因此，目前已普遍应用于牙体缺损、缺失等的修复。

第二节　种类组成和性能

一、种　　类

金属烤瓷材料必须与金属烤瓷合金的性质相匹配，根据金合金、镍铬合金、钴铬合金等不同而相异，但均为低熔烤瓷材料类。由于这类瓷粉要与金属结合，因此在组成上与一般的低熔烤瓷粉稍有不同。目前，较常见的有德国的 Vita 和日本的 Noritake 金属烤瓷粉，我国近年来也对金属烤瓷材料进行了研究开发工作。

二、组　　成

金属烤瓷材料的一般组成（表 14-10-1）。

表 14-10-1　金属烤瓷材料的基本组成

成　分	含量范围（%）	含量（%）	作　用
SiO_2	55～60	58.0	基质
Al_2O_3	12～15	14.2	增强作用
Na_2O, K_2O, CaO, Li_2O	15～17	15.2	碱化作用
ZrO_2，SnO_2，Ti	6～15	8.0	不透明作用，并能促进与烤瓷合金氧化物的结合
B_2O_3，ZnO	3～5	2.9	助熔作用
Fe_2O_3，MgO，NaF	微量	微量	添加剂

根据烤瓷熔附金属的审美修复要求，金属烤瓷材料又分为：①底瓷（不透明遮色瓷）；②体瓷（透明瓷）；③颈部瓷；④釉瓷。以上各种金属烤瓷粉在组成及含量范围上的差异，形成各层瓷的特点，如底瓷应具备良好的遮盖底层金属色的作用，而且它与金属底层冠直接接触，对于金属和陶瓷的结合特别重要。根据这两方面的特殊要求，在其基本组成中，一般 SiO_2 含量较低，而增加了 SnO_2、ZrO_2 和 TiO_2 等氧化物，既达到遮色效果，又有利于与金属结合的目的。

三、性　　能

经烧结后金属烤瓷材料的主要性能（表 14-10-2）。

表 14-10-2　金属烤瓷材料的主要性能

压缩强度	630～1500MPa
拉伸强度	23～33MPa
弯曲强度	60～110MPa
弹性模量	8.4×10^5MPa（840GPa）
硬度 KHN	450～540
热胀系数	12×10^{-6}～15×10^{-6}/℃
体积收缩	33%～43%
密度	2.4g/cm³
透明度	0.27
热导率	0.01256J/（cm·s·℃）

第三节　金属烤瓷材料与金属的结合

一、金属烤瓷材料与金属的结合形式

目前，一般认为金属烤瓷材料与金属烤瓷合金之间的结合，存在四种形式。

1. 机械结合　是指金属表面进行粗化后（如喷砂、腐蚀）形成凹凸不平的表层，扩大了接触面积，使金属烤瓷粉在熔融烧成后起到机械嵌合作用，但其作用是比较小的。

2. 物理结合　主要指两者之间的范德华力，即分子间的吸引力。这种结合作用也很小，只有在两者表面呈高清洁和高光滑的状态时，才能充分发挥其作用。

3. 压力结合　是指当烤瓷材料的热胀系数略小于烤瓷合金时，因烤瓷材料耐受压缩力大于引张力，这样，当烧结温度降到室温时产生压缩效应而增强了烤瓷材料与金属之间的结合。

4. 化学结合　系指金属底层冠表面氧化层与金属烤瓷材料中的氧化物和非晶质玻璃界面发生的化学反应，通过金属键、离子键、共价键等化学键所形成的结合，在金属底层冠与金属烤瓷材料的结合作用中，这种化学结合力起着关键的作用。金属烤瓷合金表面氧化对形成良好的结合是很重要的。锡、铟等微量元素在烧成中发生扩散，集中于金属烤瓷合金与金属烤瓷的界面，这些金属氧化物与烤瓷中的一些氧化物可产生原子间的结合。欲得到良好的界面结合，则金属表面的氧化物含量是一主要因素。氧化层过厚，则不能完全溶解。结合强度将有残留的氧化物层的强度和其金属间的粘着力决定，结合力低。但是，若氧化层过薄，在加热过程全部被吸收，结合也较弱。有限制地使用氧化性氛围可增加玻璃金属间的结合。

二、金属烤瓷材料与金属结合的匹配

金属烤瓷材料与金属结合的匹配，主要涉及到两者的热胀系数、金属烤瓷烧结温度与金属熔点的关系、两者结合界面的润湿状态等三方面的影响。

1. 热胀系数问题　热胀系数在金瓷匹配的三个影响因素中占主要地位。当底层金属冠与烤瓷的热胀系数不一致时，在烧结冷却过程中，烤瓷很容易产生龟裂和剥脱。若烤瓷的热胀系数大于金属的热胀系数时，在烧结冷却过程中，烤瓷产生拉应力，而金属产生压应力，此时在烤瓷层产生龟裂、破碎。若烤瓷的热胀系数小于金属的热胀系数时，在烧结冷却过程中，烤瓷产生压应力，而金属产生拉应力，此时、两者界面的烤瓷侧产生裂隙，导致烤瓷层剥脱。当两者的热胀系数接近或相同时，界面稳定，结合良好，但实际上这种状态往往难以达到。所以，在一般情况下，烤瓷的热胀系数均稍稍小于金属的热胀系数。

若两者之差在 $0 \sim 0.5 \times 10^{-6}/℃$ 的范围内就最为理想。此时，烤瓷与金属合金两者的结合仍能保持稳定。

为了获得烤瓷与金属的良好结合，可在烤瓷中加入负热胀系数的物质，如硅酸铝锂等，以降低烤瓷的热胀系数，或在烤瓷中加入热胀系数大的物质，如白榴石晶体（又称斜长石，即 $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ 晶体），增加烤瓷的热胀系数，通过调整烤瓷的热胀系数，达到适应与不同金属相结合的目的。另一方面，还可在烤瓷中加入氧化锡、氧化锂等，不仅可以改善烤瓷的透明性，而且可以提高烤瓷与金属的结合强度，提高修复效果。

2. 金属烤瓷材料的烧结温度与金属熔点的关系　由于金属烤瓷材料是烧结熔附于金属底层冠表面，显然，要求烤瓷材料的烧结温度低于金属的熔点。这样，烤瓷材料熔融后，才能牢固地熔附在金属表面上。烧结冷却时，烤瓷不会产生龟裂，金属也不会产生变形。反之，金属的熔点低于金属烤瓷材料的烧结温度，则不能使用。

3. 金属烤瓷材料与金属结合界面的润湿问题　为了使熔融后的烤瓷材料能与金属形成良好的结合，烤瓷与金属的结合界面必须保持良好的润湿状态，这样，就要求金属表面极度清洁和光滑，要求烤瓷熔融时具有很好的流动性。另外，也可加入微量的非贵金属元素，增大金属的表面能，获得良好的润湿界面，使烤瓷牢固地熔附在金属表面上，从而达到两者的良好结合。

三、工艺步骤

烤瓷熔附金属的工艺方法较多，一般有以下几个步骤：

（一）金属底层冠修复体的制作

制作金属底层冠修复体，必须使用与金属烤瓷材料相匹配的金属烤瓷合金材料。制作方法与常规铸造金属修复体相同。

（二）金属底层冠修复体的预处理

为了获得烤瓷与金属的牢固结合，首先需对金属底层冠修复体的表面进行预处理，可采用物理、机械或化学的方法，除去表面的杂质和污染物，以获得洁净表面。再对表面进行极化处理，以利与烤瓷结合。然后放入 800℃ 真空烤瓷炉内排除气体，升温至 1100℃ 后放气，在空气中作预氧化，使金属底层冠修复体表面获得致密的氧化膜，以提高烤

瓷与金属的结合力。

（三）涂瓷及烧结成型

将金属烤瓷粉与蒸馏水或烤瓷专用液按一定比例调和，使烤瓷粉呈糊状，在震荡的条件下，将不透明瓷涂于金属底层冠表面上，待干燥后放入真空烤瓷炉中，从650℃烧至900℃后立即取出在室温中冷却，检查不透明瓷层是否完全覆盖金属底层冠表面，若瓷层不足，可补瓷后重烧结，保持不透明瓷层的厚度在0.2mm左右。然后再涂体瓷和龈瓷，排出水分，加压雕刻成型。在颈缘涂布颈瓷时，可采用蜡代替蒸馏水或烤瓷专用液，将蜡熔化并按一定的比例，使蜡与瓷粉混合，采用全瓷颈缘的制作技术如耐火代型术、直接提取术等，制作全瓷颈缘烤瓷熔附金属修复体。待涂布的体瓷干燥后，放入真空烤瓷炉内，从650℃烧至850℃，取出修整，在口内试戴合适后，再进行上釉。上釉方式有两种，即自身上釉和上釉瓷，临床一般采用上釉瓷方法。然后再将修复体放入常压烤瓷炉内，从650℃烧至830℃，取出冷却后即完成具有天然色泽的金属烤瓷修复体。

目前，烤瓷熔附金属修复材料种类得到大力开发，而成为目前口腔医学临床最佳的修复方法之一。

（陈治清）

第十一章　种植陶瓷材料

第一节　概念和应用范围

口腔材料分为植入体内和非植入体内两大类别，在植入体内的材料中包括人工牙根植入材料和骨缺损修复的人工骨植入材料。而“植入”（implantation）这一术语，在我国从二十世纪50年代初期第一次报道有关人工牙根的植入时就将其译为“种植”，在80年代初随着植入材料的发展，相继又将骨缺损修复的人工“植入材料”译为“种植材料”。以后国内也普遍地采用了“种植”一词一直沿用至今。早在1894年，H Dreeman就是用熟石膏作为骨替换材料，但直到20世纪70年代，种植陶瓷才得到足够的重视和发展。1974年，Hench将无机材料与生物医学相联系的研究成果促进了生物陶瓷材料的广泛研究。目前，生物陶瓷材料已成为医学临床应用的一类主要材料，也是目前高技术新材料研究的一个重要开发领域。口腔种植陶瓷材料是指植入到口腔颌面部硬组织内，替代天然牙、骨组织缺损缺失和畸形矫正，以恢复患者的生理外形和功能的生物陶瓷材料。

第二节　种类和组成

一、种　　类

目前，一般根据生物陶瓷材料的性质和在机体组织内引起的组织反应类型，将口腔陶瓷种植材料划分为以下三大类：

1. 生物惰性陶瓷类，包括多晶氧化铝陶瓷、单晶氧化铝陶瓷、高结晶羟基磷灰石陶瓷、碳素陶瓷、氧化锆陶瓷、氧化硅陶瓷、氧化钛陶瓷、氮化硅陶瓷。

2. 生物功能性陶瓷，包括生物玻璃、生物玻璃陶瓷（硅玻璃陶瓷、磷酸钙玻璃陶瓷）、低结晶羟基磷灰石陶瓷（氟-羟基磷灰石陶瓷、锆-羟基磷灰石陶瓷、硅-羟基磷灰石陶瓷、钇-羟基磷灰石陶瓷）、生物压电陶瓷。

3. 生物可吸收性陶瓷，包括铝酸钙陶瓷、磷酸三钙陶瓷（α-磷酸三钙陶瓷、β-磷酸三钙陶瓷）。

二、组　　成

几类常见口腔种植陶瓷材料的主要成分（表14-11-1）。

表14-11-1　几类常见口腔种植陶瓷材料的组成

种　类		材料的成分
生物惰性陶瓷	氧化物类	氧化铝（Al_2O_3），氧化钛（TiO_2），氧化锆（ZrO_2） 铝酸钙（CaO-Al_2O_3） 氧化钠-氧化铝-氧化硅（Na_2O-Al_2O_3-SiO_2）
	非氧化物类	碳素（玻璃碳，热解碳）（C） 氮化硅（Si_3N_4） 碳化硅（SiC）
生物功能性陶瓷	磷灰石类	羟基磷灰石（低结晶）$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$
	含钙磷玻璃类	生物玻璃（Na_2O-CaO-P_2O_5-SiO_2）
	含钙磷玻璃陶瓷类	生物玻璃陶瓷（MgO-CaO-P_2O_5-SiO_2）
生物可吸收性陶瓷	磷酸钙类	磷酸三钙陶瓷（TCP）$Ca_3(PO_4)_2$
	钙铝类	可溶性铝酸钙陶瓷（CaO-Al_2O_3）

三、性　　能

（一）生物性能

种植陶瓷材料是口腔陶瓷材料中唯一能植入人体内使用的材料，应具有高度的生物安全性和生物反应性，即是指材料植入机体组织后，材料对周围组织应无毒性、无刺激性、无致敏性、无免疫排斥性、无致突变性和无致癌性，而且与机体软硬组织有良好的生物相容性和生物功能性，能长期保持稳定状态，无生物退变性，不产生组织损伤和破坏作用。

（二）化学性能

在机体组织内的正常生理代谢作用下，材料能耐受体液的作用，不产生变质或变性，在机体正常的生长发育和增生吸收过程中，材料能长期保持化学稳定性。

（三）物理机械性能

口腔种植陶瓷材料应该具备接近于人体硬组织的各种物理形态和机械性能，这样才能承受生物体内各种复杂的静态应力和动态应力的作用，从而发挥正常的咀嚼功能。特别是材料须与口腔硬组织的弹性模量相匹配，才能避免在功能作用下产生应力集中而造成对口腔硬组织的损伤和新生骨组织的再吸收。这种性质对提高口腔种植成功率是极为重要的。

（四）加工成形性和临床操作性

口腔种植的目的，是力图通过利用人工材料恢复由于各种原因造成的天然牙骨缺失缺损的解剖生理外形，重建已丧失的生理功能。因此，要求材料能具有良好的加工成形性，并且在临床治疗过程中，操作简便易于掌握，这对于克服目前普遍采用硬质材料难于加工和操作不便的问题非常重要。

（五）耐消毒灭菌性能

因种植陶瓷材料是长期植入人体内的材料，植入前必须进行严格的消毒灭菌处理。无论是高压煮沸、液体浸泡、气体（如环氧乙烷）或γ射线消毒后，材料均不能由此而产生变性。在消毒液体或气体消毒后，不能含残留的消毒物质，以保证对机体组织不产生危害。

（六）生产实用性

种植陶瓷材料应来源丰富，容易获得，生产工艺简单，成本低，才能具有在临床应用推广的实用价值。

各种种植陶瓷材料和人体硬组织的主要机械性能见表 14-11-2，14-11-3。

表 14-11-2　各种种植陶瓷材料的主要机械性能

材料	弯曲强度（MPa）	压缩强度（MPa）	弹性模量（MPa）
多晶氧化铝陶瓷	210～380	380～1000	37100
单晶氧化铝陶瓷	210～1300	1300～3000	385000
热解碳陶瓷	210～520	—	28000
生物玻璃	69～108	2000	68000
生物玻璃陶瓷	120～500	200～1500	100000
磷酸三钙陶瓷	140～160	470～700	38000～84000
羟基磷灰石陶瓷	113～196	510－920	35200～122000

表 14-11-3　人体硬组织的主要机械性能

材料	拉伸强度（MPa）	压缩强度（MPa）	弹性模量（MPa）
皮质骨	70	140	16000
牙釉质	10	392	84000
牙本质	52	310	18600

第三节　生物惰性陶瓷类

这类陶瓷长期处于生理环境中而几乎不发生化学变化，即使发生轻微的化学活力学的降解作用，降解物的浓度也是相当低的，而且在邻近活组织处他们也容易被人体天然而有规律的机制所控制。主要包括多晶氧化铝陶瓷、单晶氧化铝陶瓷、高结晶羟基磷灰石陶瓷、碳素陶瓷等。

一、氧化铝陶瓷

1. 结构特点　氧化铝陶瓷可分为多晶氧化铝陶瓷（又称为刚玉）和单晶氧化铝陶瓷（又称为宝石），二者的化学成分都是 Al_2O_3，晶型为 α-Al_2O_3，属六方晶系。单晶氧化铝的许多性能如机械强度、耐酸碱性、生物性能等都优于多晶氧化铝。它们在性能上的差异是由于单晶氧化铝的结构完整，缺陷很少，更无脆弱的晶界相，因而在应力作用下不易出现微裂纹和裂纹扩展。1964 年氧化铝陶瓷备用作口腔移植物。1977 年，川原春幸首先使用单晶氧化铝陶瓷材料制作口腔人工牙根种植体应用于临床。

2. 主要物理机械性能　（以含 Al_2O_3 99.9% 的高纯度单晶氧化铝陶瓷为例）ISO 标准：密度 D

$\geqslant 3.90g/cm^3$；SiO_2 和碱金属氧化物杂质含量 $C_1 \leqslant 0.1\%$；平均晶粒尺寸 $G_s \leqslant 7\mu m$；室温抗压强度 $\sigma_c \approx 4000MPa$；室温抗弯强度 $\sigma_f \geqslant 400MPa$；室温杨氏模量 $M_y \approx 380000MPa$；室温抗冲击强度 $\sigma_I \geqslant 4000J/m^2$；

3. 生物性能 单晶氧化铝陶瓷表面非常光滑，对机体软组织无刺激作用。特别是在其表面存在一层水化膜，牢固地吸附在单晶氧化铝陶瓷表面，即使在 $133.322\times10^{-7}Pa$ 的真空中加热到500℃也很难去掉这层水化膜。因此，单晶氧化铝陶瓷表面亲水性好，在机体组织环境中水化膜能与糖蛋白等成分以氢键结合，具有良好的生物性能。常作为人工牙根种植体颈部材料使用，能加强与龈组织的附着，对于早期稳定和封闭感染通道发挥作用。但无论是单晶或多晶氧化铝陶瓷在骨内均易形成致密的纤维组织膜，影响与骨的结合，这一问题还值得研究。

氧化铝陶瓷包括的范围比较广，其中 Al_2O_3 的含量在45%以上均属氧化铝陶瓷，另外还有 SiO_2 等其他矿物，随着 Al_2O_3 含量的增加，其主晶相 α-Al_2O_3 增多，瓷体的性能逐渐提高，因此，将40%～50%的 Al_2O_3 加入到长石质陶瓷混合体中，烧成后的陶瓷将是传统的长石质陶瓷弯曲强度高2倍。将 Al_2O_3 形成多孔支架，在高温下渗透玻璃制备的复合材料强度更佳，除可作为人工牙根使用外而获得另一些用途。

二、碳素陶瓷

目前，一般将碳素归在陶瓷类。由于碳是一种化学惰性物质，在生理环境中具有较高的稳定性，无生物降解性，其机械性能好，尤其是它的弹性模量与人体骨的弹性模量较接近，因而生物机械适应性较好。碳素一般有四种状态，即玻璃碳、热解碳、碳纤维和石墨，其中玻璃碳、热解碳可作为口腔种植材料使用。

（一）结构特点

1. 玻璃碳 玻璃碳是将预先成型的高分子材料（如酚醛树脂等）通过加热控制，使聚合物在惰性介质中热解，剩下一种含碳的玻璃状余留物，称为玻璃碳。它耐腐蚀、硬度高、有一定的强度，但密度较低，质脆易折，而且成形厚度有一定限制，因此应用还不多。

2. 热解碳 这是目前国内外应用最多的一种碳素材料，它是用纯烃气在1000～2400℃范围的高温下分解成碳，沉积在预先制成的耐火基质上（一般采用石墨）。在医学上常用1500℃以下沉积的碳，称为低温各向同性碳（LTI碳），沉积厚度可达1mm。为了提高热解碳的硬度和使碳的黑色得到改善，可在流化床内加入合金元素，如加二甲基硅烷共同沉积，可以得到低温各向同性含硅热解碳（LTI—Si碳）。目前，利用LTI—Si碳沉积在石墨基体上，制成LTI—Si碳人工牙根种植体及人工关节使用。

3. 碳纤维、石墨 碳纤维是以有机纤维为原料，目前主要以聚丙烯腈为基质，在惰性气体保护的环境中，经过1000～1500℃高温烧结，再加以张力牵引，使链状分子中脱掉大部分氢、氮等小分子后，剩下的碳分子按同一方向整齐排列而成。这种碳纤维是黑色细丝，单丝直径为7～9μm，拉伸强度可达3000MPa以上，耐腐蚀，耐磨损，并具有自身润滑能力。碳纤维不能直接用作口腔陶瓷材料，一般是将其作为掺杂增强材料以提高陶瓷等材料的机械性能。

石墨是碳素在自然界中存在的天然状态，仅作为基体材料使用，不能直接用于口腔临床。

（二）主要理化及机械性能（表14-11-2）。

（三）生物性能

碳是生物惰性材料，对机体组织无毒性，无刺激性，能耐受体液的腐蚀，特别是碳素陶瓷在人体内与血液接触时具有优良的抗血栓和抗溶血作用，并能在表面形成供氧的机体膜，对周围组织的代谢起重要作用。此外，碳素陶瓷的弹性模量与其他陶瓷材料相比更接近人体牙和骨组织，所以具有较好的生物力学性能。但是，目前已发现碳的微粒可经淋巴管在淋巴结中蓄积，引起了人们的关注，对此还不能作出最后评价。

第四节 生物功能性陶瓷

生物功能性陶瓷也称为表面活性生物陶瓷，包括生物玻璃、生物玻璃陶瓷、低结晶羟基磷灰石陶瓷、生物压电陶瓷。其共同特点是他们与原骨相结合时在界面处无纤维状的组织，它们的表面可与生理环境发生选择性的化学反应，所形成的界面能保

护移植物并防止降解，它们之间具有良好的化学亲和性。

一、羟基磷灰石陶瓷

（一）结构特点

羟基磷灰石陶瓷（hydroxyapatite，HA），其分子式为 Ca_{10}（PO_4）$_6$（OH）$_2$，它是四元无机化合物磷灰石中的一种。磷灰石包括天然与合成两大类材料，其通式是 A_{10}（MO_4）$_6X_2$，结构中的 A 位可以是 Ca^{2+}，Ba^{2+}，Mg^{2+}，Al^{3+}，Na^+ 等阳离子，MO_4 位置可以是 PO_4^{3-}、HPO_4^{2-}，$PO_3F_2^{3-}$ 等，X 位置可以是 F^-，OH^-，Cl^- 等阴离子。因此，当磷灰石结构式中的 A 位由 Ca^{2+}，MO_4 位由 PO_4^{3-}，X 位由 OH^- 离子占据时，即称为羟基磷灰石。自然界存在三种天然的磷灰石，即羟基磷灰石［Ca_{10}（PO_4）$_6$（OH）$_2$］、氟磷灰石［Ca_{10}（PO_4）F_2］、氯磷灰石［Ca_{10}（PO_4）$_6Cl_2$］。

羟基磷灰石（又称为羟基磷酸钙），早在 1871 年就已由 R Waroneton 制得，它是无味、无嗅、白色半透明粉末，其晶体结构是六方晶系，以中央轴为中心，呈六角形，与底轴成直角（图 14-11-1）。羟基磷灰石是目前常用的口腔陶瓷材料之一，它与人体牙和骨组织无机质的结构成分相似，目前它是一种优良的牙和骨缺损代用材料。

（二）主要物理机械性能（表 14-11-2）。

（三）生物性能

在牙釉质中，无机质成分占 90% 以上，在骨组织中，无机质成分占 60%．这些无机质成分以结晶钙盐的形式存在，其中磷酸钙占 84%，碳酸钙占 10%，而结晶钙盐的结构又以结晶羟基磷灰石和不定形磷酸钙两种状态分布于人体牙、骨组织中。而人工合成羟基磷灰石的成分、结构与人体牙、骨组织的无机质成分结构相类似，它具有无毒、无刺激性、无致敏性、无致突变性和致癌性。体外细胞毒性试验表明，对细胞生长的形态和细胞增殖周期中的形态变化无影响，细胞膜完整无破坏，不引起异常形态变化，材料和细胞附着紧密，对细胞增殖率无抑制作用，对细胞的增殖速度无影响。羟基磷灰石陶瓷在植入体内或口腔内使用时，不会引起机体的免疫反应，能耐受体液的腐蚀，加上材料表面存在轻度的生理溶解性，与组织细胞膜表层的多糖、糖蛋白等可能通过氢键相结合而具有良好的生物性能，与骨组织能形成骨性结合。

二、玻璃陶瓷

（一）结构特点

玻璃陶瓷又称为微晶玻璃，它是玻璃经微晶化处理制得的多晶固体。玻璃陶瓷与玻璃的不同处在于，玻璃是由无定形或非晶态的玻璃相组成；玻璃陶瓷则是由一种或数种结晶相和残存玻璃相组成，结晶相均匀地分布在玻璃基质中，而且结晶相在数量上多于玻璃相。

普通玻璃的主要成分是 NaO_2-CaO-SiO_2。作为生物玻璃，一般是指含 CaO 及 P_2O_5 的玻璃。但是，生物玻璃由于质脆而易碎，其破坏强度只有理论强度的千分之几，但经过微晶化处理成为生物玻璃陶瓷以后，不仅强度能显著提高，而且能够析出磷灰石结晶相，与人体牙和骨的无机质成分相似。最常用的是 MgO-CaO-SiO_2-P_2O_5 系列的生物玻璃陶瓷。其化学组成为（wt%）：SiO_2 22～40、MgO 0～7、CaO 33～60、P_2O_5 11～44、其他成分（B_2O_3、Al_2O_3、F 等）0～6。不同系列的生物玻璃陶瓷的化学组成存在差异。

（二）主要物理机械性能（表 14-11-2）。

（三）生物性能

由于含有 CaO、P_2O_5 的生物玻璃陶瓷在微结晶后可析出磷灰石等结晶相，不仅使玻璃陶瓷比玻璃具有较高的强度，而且由于它与人体牙、骨无机质成分的羟基磷灰石结构成分相似，特别是生物玻璃陶瓷中的 OH^-，PO_4^{3-} 等结构，表面形成生物反应层，具有良好的生物性能。可作为种植材料，在体内能与骨组织形成骨性结合。也可作为烤瓷材料和铸造陶瓷材料使用。

第五节　生物可吸收性陶瓷

生物可吸收性陶瓷包括铝酸钙陶瓷、磷酸三钙陶瓷。它们的主要功能是作为临时的空间充填物，尔后活组织可以取代它们。性能优良的生物活性可吸收陶瓷应具备下列特点：其溶解作用可由正常的新陈代谢过程所控制；能在合适的时间内完成特定的功能要求；其吸收过程不会显著地妨碍被正常的健康组织所取代的过程。

第六节 材料与组织界面关系

口腔种植陶瓷材料与机体组织的相互作用受到陶瓷材料的组成结构、表面形态（粗糙程度、孔隙率及形态）、机体组织的反应性及种植技术等诸因素的影响。种植材料的性质在很大程度上决定了材料与机体组织的种植界面反应。

一、材料组成结构与界面关系

种植陶瓷材料一般都具有较好的生物性能。特别是含有 CaO、P_2O_5 的成分的陶瓷如羟基磷灰石陶瓷、生物玻璃陶瓷等，能在机体生理环境中释放钙、磷等离子，并形成磷灰石结晶富集的表面层，提供了必需的钙、磷矿物元素成分，有利于骨组织的新生和骨缺损的修复。

在三大类种植陶瓷材料中，每类材料与骨组织界面结合方式是不相同的。生物功能性陶瓷植入机体组织后，与骨组织呈骨性界面结合，其界面区无纤维组织膜；而生物惰性陶瓷材料植入后，形成纤维接触界面；生物可吸收性陶瓷的骨界面，存在新骨形成伴随着陶瓷材料的分解吸收。

二、材料表面状态与界面关系

（一）陶瓷材料的表面能

由于口腔种植陶瓷材料在生理环境中，首先与体液相互作用，从表面开始产生浸润、溶解、离子交换等反应，尔后逐渐向材料内部扩散。这些反应与反应速度、作用深度和材料的化学成分、表面结构以及反应产物的性质有关。体液对材料的润湿性对种植材料与机体组织的结合具有很大的影响。当陶瓷种植材料的表面能愈高，体液在材料的表面张力愈低，润湿性就愈好，材料与组织的结合性能就愈佳。通常可以用液体在固体表面的接触角来表示浸润性，接触角越小，浸润性就越好。在目前使用的多种口腔种植材料中，生物玻璃陶瓷、羟基磷灰石具有最小接触角。

（二）陶瓷材料的孔隙

陶瓷材料有孔隙存在时具有以下几方面的作用：

1. 为纤维细胞、骨细胞向陶瓷中生长提供通道和生长场所。

2. 增大组织与陶瓷材料之间的接触表面积，加速反应过程。

3. 孔隙有利于局部液体循环，为长入材料内部的新生骨提供营养。

4. 对于生物惰性陶瓷材料，纤维及骨组织长入孔隙中有机械性锁结固定种植体的作用。

目前一般认为，当材料内部的孔隙的直径在39～78μm 时，纤维组织可长入材料内部。当材料内部的孔隙直径大于 78μm 时，则纤维和骨组织可同时长入材料内部。当材料内部的孔隙过大时，虽对组织长入有利，但将使陶瓷种植材料的强度下降，从而影响材料的机械性能。同样，当材料内部的孔隙率增加时，也要影响材料的机械性能。因此，口腔种植陶瓷材料的孔隙率一般控制在 30%左右，既能保持陶瓷的强度，又可保持孔隙相通。

（三）陶瓷材料的形态

颗粒状或粉末状材料植入人体后不易产生肉瘤，块状物则容易诱发肉瘤，而有孔者比无孔者、圆钝材料比角形材料的肉瘤发生率可降低 50%左右。因此，植入材料的形态对种植界面反应有较大的影响。

三、材料力学性质与界面关系

在种植界面与材料力学的关系中，陶瓷材料本身的力学性质和在应力作用下的力传导性质，必须与骨的力学性质和力的传导性质相匹配，才能获得良好的力学相容性而提高种植的成功率。

陶瓷材料与天然牙和骨组织相比，弹性模量高，刚性大，因此，在受应力时特别是受水平应力时，应力不能得到分散和缓冲，加上骨组织又是多相而非均一的多孔体，应力应变呈粘弹性关系，在这种情况下很容易形成种植体周围的应力集中，造成骨吸收和破坏。因此，陶瓷材料的力学性质影响着种植界面的稳定。

总之，研究种植界面反应的机制及影响因素，设法控制界面反应，是研究组织-材料结合机制的重要内容。陶瓷材料的组成和结构、材料的结晶类型和结晶度、表面状态、周围生理介质的性质和组成，都对界面反应过程有着极大的影响。

第七节 临床应用

在口腔临床医疗中，种植陶瓷材料主要用于制

备陶瓷人工牙根种植体、陶瓷人工骨以及人工关节等。

一、陶瓷人工牙根种植体

（一）概念

人工牙根种植，是指利用人工材料制成牙根的种植体，植入拔牙窝或人工牙窝内的方法。在此牙根种植体上部制作义齿修复体以恢复缺失牙的解剖形态，并通过牙根种植体将应力直接传导和分散到颌骨以获得咀嚼功能的方法，称为种植义齿修复。在种植义齿修复中，采用生物陶瓷材料制成的种植体称为陶瓷人工牙根种植体。

（二）临床应用范围

种植义齿修复适用于个别牙缺失，游离端牙缺失，多数牙缺失或全口缺失的中间种植基牙；牙列缺失或牙槽嵴严重萎缩的固位种植基桩以及整颌支架等的种植修复。

（三）应用现状

目前，用生物陶瓷材料制成的人工牙根种植体已应用于临床，如氧化铝陶瓷、羟基磷灰石陶瓷及生物玻璃陶瓷人工牙根种植体。为了克服陶瓷材料脆性大等缺点，目前还将陶瓷材料与金属材料复合，采用烧结、溅射、喷涂等涂层方法，将生物陶瓷材料（如磷酸三钙、羟基磷灰石、生物玻璃陶瓷、各向同性热解碳）涂层在金属核（如纯钛、钛合金 TC_4 等）上制成陶瓷涂层金属人工牙根复合种植体，这种陶瓷涂层金属人工牙根复合种植体的优点是：

1. 因某些生物陶瓷材料构成结构与骨组织相似，作为表层材料，具有良好的生物性能，使种植体与骨组织产生骨性界面结合。

2. 通过涂层加工，改变了原种植体的表面形貌，在种植体表面形成了相互沟通的孔隙，以促进组织向孔隙内生长，增强种植体与骨组织的机械性结合。

3. 生物陶瓷材料涂层可阻止或降低内层金属离子的释放，并可改善种植体表面的弹性模量。

4. 生物陶瓷材料涂层人工牙根种植体，利用金属核的强度能克服单纯陶瓷人工牙根种植体脆性大、机械强度较差的缺点，但金属与陶瓷的结合性能还有待进一步提高。

二、陶瓷人工骨

（一）概念及应用范围

由于各种原因造成的人体骨组织缺损缺失的病例在医学临床上非常普遍，用自体骨、同种异体骨和异体骨进行修复治疗，而临着骨源和免疫未能解决的诸多难题。近年来，采用人工合成方法模拟骨组织无机成分的研究发展很快，实验研究和临床应用证实作为骨的代用材料是可行的，但还有很多问题尚待解决，因而对人工骨的概念和认识还存在争论，至今未形成一致的观点。目前，一般认为能替代和恢复骨缺损缺失的生理外形，并能重建已丧失的生理功能而采用的材料，称为人工骨材料。人工骨材料包括金属、高分子和陶瓷三大类材料，其中的生物陶瓷人工骨材料又称为陶瓷人工骨。陶瓷材料作为骨缺损修复材料，主要是利用其构成网状支架结构，起到促进和引导骨组织成骨的作用。近年来，采用骨形成蛋白（bone morphogenetic protein，BMP）以及生物活性物质制备人工骨复合材料的研究取得进展以后，人工骨的概念将可更新。

陶瓷人工骨种植材料在口腔医学临床应用广泛，例如，牙槽嵴增高加宽，唇腭裂整复术后残存上颌牙槽突裂的整复；颌骨囊肿刮除术后的腔性骨缺损的整复，上颌骨缺损的整复；鞍鼻成形术以及牙周骨缺损的整复术等。

（二）种类

目前，陶瓷人工骨的种类按陶瓷材料种类可分为氧化铝陶瓷、羟基磷灰石陶瓷、生物玻璃陶瓷、磷酸三钙陶瓷等人工骨材料。按应用形态可分为块状型、颗粒型和粉末型陶瓷人工骨材料；按陶瓷材料的致密程度（孔隙率的大小）又分为致密实体型和多孔泡沫型陶瓷人工骨材料，此外，按材料的组成又分为单一陶瓷人工骨材料和复合陶瓷人工骨材料。

（三）组成和性能

陶瓷人工骨种植材料组成各有不同。目前采用含钙磷成分的陶瓷人工骨材料应用较为普遍。其性能要求基本上与陶瓷人工牙根种植材料相同。

（四）几种陶瓷人工骨的性质和用途

目前，国内外采用的口腔陶瓷人工骨种植材料以羟基磷灰石陶瓷和生物玻璃陶瓷应用最广泛。在临床上所采用的人工骨以颗粒型（包括粉末型）、多孔泡沫型和致密实体型三种形态的陶瓷人工骨最为多见。

1. 颗粒型陶瓷人工骨的性质和用途　口腔医

学临床上，颗粒型陶瓷人工骨主要适用于颌骨局部缺损修复以及骨萎缩吸收后的生理外形恢复等，它是目前人工骨材料中应用最广的一种形态。颗粒一般呈立方形、斜方形、圆形、正方形和六方形五种，其中以圆形（含卵圆形）效果最佳。从材料的表面张力和液体流变学的角度来看，当圆形颗粒型陶瓷人工骨材料与血液和组织液接触时，润湿状态最佳，其生物性能最好，而且光滑圆钝的表面不会使体液在周围流动时产生阻力形成死角和漩涡，这样，材料周围发生肿瘤的可能性最小，这是目前颗粒型人工骨最有效的形态。此外，颗粒型陶瓷人工骨的颗粒直径对组织的反应也有差异，一方面因为口腔颌面部的骨缺损部位往往是小而复杂，要能达到形态完整的修复，需要颗粒直径较小，更重要的是，颗粒大小涉及颗粒间孔隙的大小，而这种孔隙又是获得正常代谢所必需的条件，也是纤维组织和骨组织长入的场所，在一般情况下，颗粒型人工骨材料植入机体组织以后，以平面观类似3个粒子和4个粒子间相互接触的状态，粒子之间孔隙的大小是与粒子的直径大小相关的。

根据公式即可计算出不同直径的颗粒构成大小不同的孔隙，两者之间存在一定的关系，颗粒直径只有控制在一定的范围内，才有可能获得良好的效果（表14-11-4）。

表 14-11-4 颗粒直径、孔隙大小与长入组织的关系

颗粒直径	250μm		500μm		1000μm	
孔隙大小	39μm 三粒子	104μm 四粒子	78μm 三粒子	207μm 四粒子	156μm 三粒子	414μm 四粒子
长入组织	纤维组织				纤维组织和骨组织	

从上表可以看出，只有当颗粒型陶瓷人工骨的直径在500～1000μm时，才能使纤维组织和新生骨组织同时长入人工骨颗粒之间。植入材料的孔隙率也可达30%左右，此时不仅是表面的孔隙，而且内部的孔隙与孔隙之间也完全相通，使体液能从材料外部渗透到内部进行代谢循环，以保证长入材料内部组织细胞的营养，从而获得良好的生理性结合。

为了改善颗粒型陶瓷人工骨的临床操作性和成形性，目前临床一般采用蒸馏水、生理盐水、手术区的血液或降解物质作赋形剂，混合呈糊状或面团状后再植入组织缺损区内。

2. 多孔泡沫型陶瓷人工骨的性质和用途 多孔泡沫型陶瓷人工骨材料主要适用于大面积骨缺损修复。一般可分为大孔型和小孔型两种，大孔型的孔隙率在55%左右，密度小，因强度较差，使用受到一定的限制。小孔型虽然孔隙率达70%左右，但由于密度大于大孔型，有足够的强度，力学性能较好，而且纤维组织和骨组织均能长入孔隙内，因此，对于大面积骨缺损修复有较好的效果。存在的主要问题是临床使用时切削成形比较困难，而且容易破碎，但是当它植入体内一段时间后，因组织的长入，强度均有所提高，能满足临床需要（表14-11-5）。

表 14-11-5 孔隙率与材料植入前后强度对比

孔隙率	植入前弯曲强度（MPa）	植入1个月后弯曲强度
50%	6.34	29.36
60%	2.34	14.54
70%	1.23	11.89
80%	0.21	11.80

3. 致密实体型陶瓷人工骨的性质和用途 致密实体型陶瓷人工骨密度大，机械强度高，可承受较大的应力，但由于弹性模量高，刚性大，容易造成对骨组织的直接损伤，引起骨组织的吸收，主要适用于局部骨缺损修复和生理性骨吸收后的生理外形恢复，以及拔牙后立即进行牙槽窝埋入以减缓牙槽骨的吸收，对保存牙槽嵴高度的效果较好。

第八节 研究应用趋势

（一）研究有机与无机复合的种植陶瓷材料和含有生理活性物质的复合种植陶瓷材料，赋予材料以生物功能性，促进材料与组织产生生物性结合。

（二）研究多元多层结构和梯度渐变结构的复合种植体，以提高种植体的力学相容性和应力传导性，以及研究具有生物电性能的复合种植体，以符合机体组织的电相容性。

（三）研究精细功能材料，设计制作多结构的人工牙根种植体，特别是颈部结构，以满足龈组织与种植体颈部的结合。

（四）研究可切削的种植陶瓷材料，以解决临床加工制作问题。研究各种赋形剂，如聚乳酸、聚乙烯醇、聚羟基丁酸酯以及骨胶原、纤维蛋白原、

血浆制品等人工或天然的降解材料，以解决手术中的操作问题。

以上介绍了几种与口腔医学关系密切的生物陶瓷材料。目前，随着科学技术的发展，新的陶瓷材料不断涌现，陶瓷基复合材料成为当今陶瓷材料研制发展方向之一。复合材料是指由两个或多个物理相组成的固体材料。陶瓷基复合材料包括各种增强陶瓷材料、陶瓷涂层材料、金属陶瓷材料、陶瓷与有机质的复合材料等，这些材料能兼备各复合成分的优点，弥补各自的不足。这些新型复合材料的研究开发及其应用，将对口腔医学产生很大的影响。

（陈治清）

第十二章　复合树脂

复合树脂是一种由有机树脂基质和经过表面处理的无机填料以及引发体系组合而成的牙体修复材料，广泛用于各类牙体缺损的直接和间接修复

长期以来，为克服传统牙体修复材料——银汞合金的弊病，人们一直在寻求一种安全有效的修复材料以能取代银汞合金。50年代Buonocore采用磷酸预处理牙面为有机树脂与牙釉质的粘接固位找到了一种有效方法，60年代Bowen成功地合成出一种具有特殊结构和性能的树脂单体BIS-GMA，并认识到对无机填料进行表面处理的重要意义。在此基础上，各种复合树脂迅速发展起来。三十多年来，其研究和应用已取得很大的进展，现已成为牙体缺损修复治疗必不可少的重要材料，与银汞合金并驾齐驱。

第一节　种　　类

根据不同的分类方法，复合树脂可以分为以下几类：

（一）按填料粒度分类

1. 传统型或大颗粒型　填料粒径范围为40～50μm。

2. 小颗粒型　填料粒径范围为3～10μm。

3. 超微型　填料粒径范围为0.04μm以下。

4. 混合型　填料粒径范围为0.3μm左右。

（二）按固化方式分类

1. 化学固化型　采用室温氧化还原引发体系引发树脂聚合。

2. 光固化型　采用可见光照射引发树脂聚合固化。

3. 光化学固化型　同时采用氧化还原引发体系和光照射引发树脂聚合固化。

此外，按应用部位还可分为前牙和后牙用复合树脂，按剂型可分为单糊剂、双糊剂和粉液型复合树脂，按应用方式可分为直接充填间接修复及通用型复合树脂。

第二节　组　　成

复合树脂的基本组成见表14-12-1。

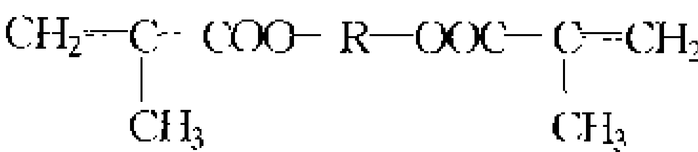
表14-12-1　复合树脂的基本组成

组分	作　用	常用化合物
树脂基质	赋予可塑性、固化特性和强度	多官能团甲基丙烯酸酯单体，如BIS GMA、UDMA和TEGDMA
无机填料	增加强度和耐磨性	石英、二氧化硅、玻璃粉
引发体系	引发单体聚合固化	过氧化物+叔胺，如BPO+DHET（用于化学固化）；樟脑醌+叔胺（用于可见光固化）
阻聚剂	保证有效使用期	酚类，如DTBC
着色剂	赋予天然牙色泽	钛白、铬黄

一、树脂基质

树脂基质是复合树脂的主体成分，主要作用是将复合树脂的各组成粘附结合在一起，赋予可塑性、固化特性和强度，其含量为15%～50%质量分数。

树脂基质由含两个或两个以上的甲基丙烯酸酯官能团的单体构成，其分子结构通式可表示为：



式中R代表有机基团。树脂基质应用最多的是双酚A双甲基丙烯酸缩水甘油酯（缩写为BIS-GMA）、氨基甲酸酯双甲基丙烯酸酯（缩写为UD-MA）等单体。由于这些单体粘度很大，不能混入足够量的无机填料，难以获得所需的增强效果和可

塑性，加入部分低粘度稀释单体共同组成树脂基质，即可满足要求。使用最多的稀释单体是双甲基丙烯酸二缩三乙二醇酯（缩写为 TEGDMA 或 3G）。

树脂基质将无机填料等组分结合起来形成可塑型的糊剂，从而赋予材料良好的操作性。进一步通过交联反应由糊状物变成不溶、不熔的坚硬固体，使复合树脂具有优良的物理化学性能。但是，目前所采用的甲基丙烯酸酯单体在固化时所发生的聚合收缩是复合树脂的一大缺陷。

二、无 机 填 料

填料的主要作用是赋予材料良好的物理机械性能，并减少树脂的聚合收缩、降低热胀系数，某些填料还具有遮色和 X 射线阻射的作用。无机填料的种类、所占的体积分数、粒度大小和分布、折射率、X 射线阻射性以及硬度等因素对复合树脂的物理力学性能和临床应用有重要影响。

（一）填料种类

最常用的无机填料主要有石英、气相二氧化硅，以及含有钡、锶、锆的玻璃粉和陶瓷粉，此外还有氮化硅、羟基磷灰石等。为了使复合树脂具有天然牙的半透明性，填料与树脂基质的折射率应相互匹配。

（二）填料含量

为获得良好的物理力学性能，复合树脂中应含有尽可能多的无机填料，通常占 35% ~90% 质量分数和 20% ~77% 体积分数。填料在树脂基质中的加入量主要受填料的表面积和粒度的影响。填料越细，表面积越大，加入量就越少，如气相二氧化硅，其比表面积为 $50 \sim 300m^2/g$，即使加入少量也可使树脂变得很粘稠，通常在树脂中加入 5% 以下的气相二氧化硅以调节树脂糊剂的稠度。填料粒度的分布对加入量也有影响，较宽的粒度分布能有效地减少填料颗粒之间的空间，从而确保加入尽可能多的填料。根据不同的种类，填料粒度分布从 0.02 μm 到 100 μm 不等。

（三）填料的表面处理

无机填料在与树脂基质混合前需要进行表面处理，其目的在于使填料粒子与树脂基质能牢固连接在一起，使应力能够从塑性的聚合物转移到刚性的无机填料。能将无机填料与树脂基质结合在一起的物质称为耦联剂。钛酸酯、锆酸酯、有机硅烷等均可用作耦联剂，但最常用的是有机硅烷，如 γ-甲基丙烯酰氧丙基三甲氧基硅烷，简称 KH-570。KH-570 分子中所含的硅氧基团在水解状态下可与无机填料表面的硅氧基团形成 Si-O-Si 键而结合，同时分子中所含的甲基丙烯酸酯基团可与树脂基质产生共聚，从而将无机填料与树脂基质连接起来。

（四）几种复合树脂的填料

1. 传统型复合树脂　多采用研磨石英粉，含量为 70% ~80% 质量分数或 60% ~70% 体积分数。填料平均粒度为 8 ~ 12 μm，粒度分布较宽，从 1 μm 到 100 μm 不等。

2. 小颗粒型复合树脂　多采用含有重金属的研磨玻璃粉，部分产品采用石英粉，通常在填料中加入 5% 质量分数的气相二氧化硅以调节树脂的粘度。填料总含量为 80% ~90% 质量分数和 65% ~ 77% 体积分数。填料平均粒度为 1 ~5 μm，粒度分布也较宽。

3. 超微型复合树脂　通常采用 0.04 ~0.4 μm 的气相二氧化硅超微细粉。由于填料极细，比表面积很大，容易凝聚成团块，难以在树脂中加入足够量的填料。解决方法是将 60% ~70% 质量分数的二氧化硅加入 BIS-GMA 等单体中，经聚合粉碎后成为 1 ~ 50μm 的大颗粒填料，然后与气相二氧化硅细粉一起加入基质树脂中，形成填料总含量约为 80% 质量分数或 70% 体积分数的复合树脂。

4. 混合型复合树脂　采用两种混合填料，即 20% 质量分数左右的气相二氧化硅（粒度为0.04 ~ 0.4μm）和 80% 质量分数左右的含重金属的研磨玻璃粉（粒度为 0.6 ~1.0μm），其填料总含量为 75% ~80% 质量分数。

三、引 发 体 系

（一）化学固化引发体系

由室温氧化还原引发体系引发树脂基质聚合，常用的氧化剂或引发剂是过氧化苯甲酰（缩写为 BPO），常用的还原剂或促进剂为叔胺，如 N，N-二羟乙基对甲苯胺（缩写为 DHET）、N，N-二羟乙基-3-4 甲基苯胺（缩写为 DH34MT） 有些产品采用对甲苯亚磺酸或其钠盐作为还原剂，或采用三丁基硼（缩写为 TBB）与氧构成 TBB-O 引发体系，或用巴比妥酸及其衍生物与铜离子和氯离子构成

TMTB引发体系。

化学固化复合树脂由粉、液或双糊两组分构成，其中一组分含有约1%树脂单体质量分数的引发剂如BPO，另一组分含有0.4%～4.0%树脂单体质量分数的还原剂如DHET，使用时两组分等量调和后，室温下3～5分钟固化，同时产生聚合热。

（二）可见光固化引发体系

由光敏剂或光引发剂加上胺活化剂构成可见光固化引发体系，在受到适当波长和能量的可见光照射时，两者发生反应形成自由基而引发单体聚合。常用的光敏剂是樟脑醌（缩写为CQ），含量约为树脂糊剂的0.25%质量分数，其吸收光能范围为400～500nm的蓝光。用作活化剂的胺有多种，如N、N-二甲胺基甲基丙烯酸乙酯（缩写为DMAEMA），含量约为树脂糊剂的0.15%质量分数。其他还有N，N-二甲胺基甲基丙烯酸新戊二醇酯（DMANPA）、N，N-二甲胺基苯甲酰甲基丙烯酸乙酯（DMABEMA）等。光敏剂和胺活化剂与复合树脂的其他成分混合在一起形成单一糊剂，使用时在400～500nm的高亮度蓝光照射30～90秒后聚合固化，同时产生聚合热。

可见光固化复合树脂需配套专门的光固化灯，一般采用钨卤灯作为光源，所产生的白光通过过滤器滤掉红外光和波长在500nm的可见光，再用光导纤维将蓝光导入口腔中。

（三）光化学固化引发体系

即同时采用化学固化和可见光固化引发体系，但两者加入的浓度均低于单独使用时的剂量，其目的在于利用两者的优点，既可增大固化深度、提高聚合转化率，又能保证充足的工作时间。

四、阻聚剂

为防止复合树脂在生产、运输、贮存过程中的聚合，常用0.01%～0.05%树脂单体质量分数的2，6-二叔丁基对甲苯酚（缩写为BHT或264）、对羟基苯甲醚（缩写为MEHQ）等作为阻聚剂，阻止单体聚合而获得足够的有效贮存期。

五、其他助剂

为获得复合树脂与天然牙颜色相匹配，需加入0.001%～0.007%树脂糊剂质量分数的着色剂和遮色剂，如钛白、氧化铝、铬黄等。此外，为防止复合树脂的光老化，需加入UV-327等紫外线吸收剂。

第三节 性 能

一、物理性能

（一）体积收缩

现有复合树脂均存在一定的聚合体积收缩，其收缩率一般为1.7%～3.7%。体积收缩的结果导致复合树脂与牙体之间形成数微米的边缘裂缝，并产生5～8MPa的收缩应力，最终产生食物残渣、各种微生物等向裂缝中的渗透，即形成边缘微漏。这是复合树脂的一个主要缺陷，边缘微漏将导致树脂修复物与牙体组织之间不密合，容易产生继发龋和修复物的松动脱落。聚合体积收缩与树脂基质单体的种类和填料的种类用量有关，采用预聚物单体，或用树脂单体将超微填料包裹制成大颗粒填料，可在一定程度上减少聚合体积收缩。

聚合体积收缩的大小与复合树脂的种类没有明显关系，但收缩方向与复合树脂的种类有关，化学固化型向材料的中心收缩，而可见光固化型则向光源方向收缩。

（二）线胀系数

现有复合树脂的线胀系数均大于天然牙，前者为19～60×10⁻⁶/℃，后者仅为11×10⁻⁶/℃。复合树脂的线胀系数与树脂基质和无机填料的种类以及含量有关，在树脂基质相同的情况下，填料含量越多，线胀系数越小。几种复合树脂的线胀系数见表14-12-2。

表14-12-2 复合树脂的线胀系数（10^{-6}/℃）

复合树脂	小颗粒型	传统型	混合型	超微型	无填料树脂
线胀系数	19～26	25～35	30～40	50～60	92.8

在口腔温度急剧变化时，复合树脂与牙体组织线胀系数的不匹配将产生较大的热应力并形成边缘裂缝，最终可能导致复合树脂的松动和脱落。目前正致力于寻找低线胀系数的树脂单体或无机填料

（三）固化深度

可见光固化型与化学固化型复合树脂有不同的固化特性，前者整块树脂的聚合是不一致的。在接

近光源的表层，聚合比较完全。因光线透过复合树脂或牙体时强度逐渐减弱，故深层树脂往往聚合不完全，当超过一定深度后，单体的聚合程度极小，树脂的强度非常低，这一临界深度就称为“固化深度”。

可见光固化复合树脂的硬度随深度的加大，呈现三阶段变化。第一段是树脂的最外层，厚度在0.5～1.0mm。此层离光源最近，但受空气中氧气阻聚的影响，树脂的硬度由低到高呈上升趋势。第二段的厚度为2.0～4.0mm，该层中光线有足够的透过率，也无氧气阻聚的影响，树脂的聚合比较完全。固化深度即包括上述两阶段树脂层的厚度，通常为2.0～5.0mm。当达到第三段的深度后，可见光强度发生大幅度衰减，树脂聚合物的强度急剧下降。

影响固化深度的因素包括复合树脂的组成、光固化器和操作条件等。一般而言，光固化引发体系含量越多、填料颗粒越细、填料含量越多、树脂颜色越深，固化深度越小。不同品牌的光固化器输出的光波长和光强度有所差异，应尽量选择相匹配的光固化器和复合树脂，确保树脂接受最大的光能量而有最大的固化深度。临床操作因素对固化深度的影响主要有：①光照时间：延长光照时间，可以非正比例地增加固化深度。根据不同产品，光照时间从20秒延长至60秒，固化深度可增加5%～82%；②光源位置：光源端部与树脂表面的距离越近，固化深度就越大。难以接近的部位，或被牙体组织遮挡的区域，均会减小固化深度，需要延长2～3倍光照时间。

(四) 审美性能

复合树脂的审美性能通常指表面色泽、透明度，可抛光性和表面光洁度。前两者主要由着色剂和填料的类型决定，后两者则取决于填料的粒度和抛光手段。

复合树脂在固化后都有近似于天然牙的色泽和半透明度，目前化学固化型只有一种通用色，其色调单一，不像可见光固化型有多种色泽可供患者选择。此外，化学固化型含有容易氧化变色的叔胺，长期使用后易导致树脂变色，而可见光固化型含有很少且较为稳定的胺活化剂，明显改善了树脂的色泽稳定性。然而，所有复合树脂在口腔中使用一段时间后都有轻微的变色，主要原因是复合树脂被磨耗后表面变粗糙，易沉积菌斑、食物碎屑而着色，另一原因是复合树脂与牙体之间存在边缘裂缝，有色物沿边缘沉积，从而出现线条状染色

复合树脂在固化后可以进行磨改修整和表面抛光，其修整和抛光效果除了与研磨器械和方法有关外，树脂种类也有显著影响。通常填料粒度越小，磨改抛光效果越好，表面光洁度和审美性越佳。超微型复合树脂中填料的粒度已小于可见光波长，可形成超光滑的表面，常称为可抛光性材料，而传统型和小颗粒型复合树脂的填料颗粒粗大，难以获得光滑的表面，常称作不可抛光性材料。混合型复合树脂介于上述两者之间。此外，化学固化型复合树脂在两组分调和时易夹裹空气形成微小气泡，磨改抛光时一部分气泡会露出表面，使表面变得粗糙。而可见光固化型复合树脂不需调和，其中混杂的空气极少，表面更为光滑。

二、化学性能

(一) 聚合转化率和残留单体

复合树脂在固化后20分钟内为初期固化，单体向聚合物的转化比例即聚合转化率通常在50%～70%质量分数，未聚合单体占总单体的质量分数即残留单体量为30%～50%。随时间延长，转化率增高，残留单体减少，1天后转化率可达90%以上，1个月后达最高峰，残留单体量少于3%。

残留单体对复合树脂的机械性能和生物安全性有直接的影响，残留单体量越大，复合树脂的机械强度越低，对牙髓的刺激性越大。

影响聚合转化率的因素除了复合树脂本身的组成，特别是引发体系的含量和种类而外，临床操作中可能涉及的因素包括阻聚作用和固化深度。空气中的氧气是一种自由基聚合的阻聚剂，其阻聚作用主要表现在复合树脂的表面，可形成由残留单体和低聚物构成的发粘表面层。另一种阻聚作用可能出现在复合树脂的底层，当采用含丁香酚的衬层材料垫底时，由于丁香酚也是一种阻聚剂，复合树脂的聚合将受到影响，从而降低聚合转化率。对可见光固化复合树脂来说，在最大固化深度以外的材料必然固化不全，残留单体量较多。

(二) 溶解性及吸水性

复合树脂完全聚合后形成交联网络结构，不溶于水和唾液。仅在固化不完全和单体不纯的情况

下，会有微量小分子溶出物。

复合树脂在唾液中会吸收水分产生轻微膨胀，通常以复合树脂在37℃水中浸泡1周后单位面积或单位体积所增加的质量来表示吸水性，有时也采用吸水后复合树脂的质量增加率来表示吸水性。吸水性的大小与树脂基质和填料的种类含量有关，树脂基质中亲水性基团越多，填料越少，吸水性越大。通常传统型、混合型和小颗粒型复合树脂吸水性较小，作前牙修复的超微型吸水性较大。复合树脂的吸水性范围在0.5～1.7之间。复合树脂的吸水膨胀率一般是吸水量的1/3，吸水性膨胀可在一定程度上弥补因聚合体积收缩产生的边缘裂缝，但过多的吸水会影响树脂的物理机械性能，故吸水性必须控制在适当的范围内。

（三）粘接性能

复合树脂与牙体的粘接性主要有两方面的意义，即固位和边缘封闭。复合树脂本身粘度大且呈疏水性，在亲水性的牙体表面难以顺利铺展和渗透而难以流动，在含水和有机物较多的牙本质上这种情况更为明显，而且复合树脂在聚合过程中将产生较大的收缩应力和因热胀系数与牙体的不匹配而产生剥离应力，仅聚合收缩应力就可高达4～8MPa。单独用复合树脂与牙组织粘接，通过适当的表面处理，对牙釉质可获得8～15MPa的粘接强度，对牙本质仅获得0.5～5MPa的粘接强度。因此，单独用复合树脂难以获得有效的固位和良好的边缘封闭，必须与粘接剂联合使用才能达到目的。

三、机械性能

几种复合树脂的机械性能见表14-12-3。

表14-12-3　几类复合树脂的机械性能

复合树脂	小颗粒型	传统型	混合型	超微型	无填料树脂
压缩强度(GPa)	350～400	250～300	300～350	250～350	69
拉伸强度(GPa)	75～90	50～65	70～90	30～50	24
弹性模量(GPa)	15～20	8～15	7～12	3～6	2.4
努氏硬度	50～60	55	50～60	25～30	15

（一）一般机械强度

复合树脂具有较高的机械强度，能承受一定的咀嚼力，质韧而不易脆裂折断。复合树脂在固化后即具有足够的机械强度，随时间延长，强度略有增加。无机填料的含量和粒度对树脂的强度有较大的影响，引发方式也可产生一定影响。如表14-12-3所示，填料含量较多、粒度较大的小颗粒型和混合型复合树脂的强度高于填料含量较少、粒度较小的超微型复合树脂。化学固化复合树脂在两组分混合时，不可避免地会混入空气，树脂固化后这些夹裹的空气将在树脂内部形成微小气孔，通常可占树脂体积的3%，这些气孔的存在，将会降低树脂的机械强度。可见光固化复合树脂在生产过程中进行了排气处理，使用时又不需调和，因而人为带人的微小气泡远远少于化学固化复合树脂，其机械强度有明显的改善。

（二）耐磨性

现有各类复合树脂的耐磨性均不够理想，特别在作后牙修复时，这一问题尤为突出，其最高磨耗速率可达150μm/年。尽管目前一些产品的磨耗速率已少于20μm/年，并接近银汞合金的5～10μm/年的磨耗速率，但其临床观察时间仅5年左右，不足以说明其耐磨性已得到显著改善。复合树脂耐磨性差的主要原因一是树脂基质和无机填料本身的耐磨性不足，二是基质树脂与无机填料之间的结合力不够牢固。由于聚合度、聚合转化率以及内部气孔的不同所产生的性能差异，通常热固化型复合树脂的耐磨性较好，其次为可见光固化型，化学固化型最差。

复合树脂在使用过程中一般受到四种类型的磨耗，即牙刷牙膏磨耗、食物磨耗、对颌磨耗和复合磨耗。复合树脂承受咀嚼力时，由于基质树脂与无机填料的弹性模量相差较大，应力主要通过弹性模量较低的树脂间传递，造成低强度树脂被磨耗，填料逐渐暴露、脱落。通常传统型复合树脂是基质树脂首先被磨耗，暴露出不规则的填料颗粒，随着基质更多地被磨去，填料颗粒产生松动并脱落。而超微型复合树脂则是基质树脂与填料同时被磨耗。

（三）疲劳强度

复合树脂在牙体的某些部位要承受很大的殆力，而在另外一些部位则受到小的、周期性的应力作用，如牙刷和牙膏的摩擦。经长时间使用后，复合树脂不仅会产生磨耗而且将出现疲劳现象，其外形逐渐改变（蠕变），表面和内部逐渐出现裂缝并缓慢增大，达到其疲劳极限后，即发生破坏和断裂。

复合树脂中若存在微孔、填料与基质间结合不

良均会影响疲劳强度。因而，可见光固化复合树脂的疲劳强度高于化学固化型，超微型复合树脂的压缩强度、拉伸强度较低，但其蠕变相对较小，疲劳强度较高。

四、操 作 性 能

化学固化复合树脂在调和后5分钟左右凝固，在如此短的工作时间内完成充填固位、雕刻塑形和调改等步骤，对临床操作有一定困难。可见光固化复合树脂在光照前有较为充足的时间进行充填、塑形和修整，临床使用比较方便。然而与银汞合金相比，复合树脂在操作性能上有明显的不足，即存在技术敏感性。主要表现在树脂固化前有一定流动性，当填入窝洞并塑形后，一旦塑形力撤去，可能出现回弹而导致形变。因此，尽管复合树脂可塑成所需形状，但难以获得准确的、最终的修复形态，必须花费时间等待树脂基本完全固化后才能雕刻成形、打磨和抛光。另外，复合树脂必须与粘接剂联合使用，才能保证固位和边缘封闭。而临床的粘接操作较为复杂，包括牙面处理、隔湿干燥、粘接剂的使用、复合树脂的充填等步骤，而目前要获得良好的粘接，尤其是与牙本质的粘接是相当困难的。

五、生物学性能

复合树脂完全聚合后本身对机体组织无毒性，可以安全地用于人体。但在临床应用时，存在以下不利的生物学反应。

1. 术后过敏　复合树脂在充填修复后一段时间内对牙髓有刺激作用，造成牙髓发炎等炎性反应，即所谓的术后过敏。其刺激性高于氧化锌丁香酚水门汀，而与磷酸锌和硅水门汀类似，随时间延长炎性反应减轻直至消失。产生术后过敏的主要原因是复合树脂中残留单体的溶出和聚合产热，作深层牙本质修复时进行垫底保护，可以避免这种刺激。

2. 继发龋　复合树脂充填龋洞数年后，可能在洞缘再次形成龋坏，即继发龋。产生继发龋的原因是由于聚合收缩、热胀系数不匹配和粘接力不足造成的边缘微漏，改善复合树脂与牙本质的粘接性能、添加含氟成分等，已成为防止继发龋形成的有效手段。

3. 光损害　使用可见光固化复合树脂时，高能量短波长的蓝光可造成操作者视网膜的光化学损害。初期会出现视疲劳和复视等症状，当视网膜损伤到一定程度，将出现永久性的眼损伤。眼睛与光源的距离和接受光照的时间与眼损伤有关，距离越近，受光照时间越长，眼损伤越严重。而长时间或反复接受一般强度的光照，以及短时间接受高强度的光照，均可造成相似的眼损伤。

防止眼损伤最简便有效的方法是戴深色厚片眼镜。目前许多光固化器在工作头上安装了光过滤罩，可保证使用的安全性。

第四节　应　　用

复合树脂广泛用于多种牙体缺损的直接充填修复，也用于制作修复体如嵌体和高嵌体等。

一、直接充填修复

根据牙体缺损部位、承受咀嚼力的大小、对审美的要求等，选择适当的复合树脂进行修复。

（一）传统型复合树脂

这类材料可用于承受应力部位，如Ⅱ和Ⅳ类缺损的修复。其主要缺陷是由于耐磨性差和填料颗粒粗大所致的表面粗糙和变色，充填后的打磨、长期的刷牙和咀嚼磨耗均可造成表面粗糙，因而作前牙修复效果不太理想。

（二）超微型复合树脂

这类材料具有光洁的表面和良好的色泽稳定性，属于可抛光性材料，尤其是可见光固化型树脂，广泛用于前牙审美修复，特别适用于前牙承受较小应力部位的缺损修复和变色牙覆盖。作Ⅱ和Ⅳ类修复，存在折裂的可能性

（三）小颗粒型复合树脂

这类材料由于含有较多填料，其强度较高，可用于承受较大应力和磨耗部位，如Ⅱ和Ⅳ类缺损修复。某些产品的填料颗粒较细，能获得较光滑的表面，可用于前牙修复，但效果不如超微型和混合型复合树脂。

（四）混合型复合树脂

这类材料具有良好的表面光洁度和强度，可广泛用于前牙包括Ⅳ类缺损修复。尽管其机械性能稍差于小颗粒型树脂，仍广泛用于承受应力部位的充

填修复。

（五）后牙复合树脂

长期以来，银汞合金以其方便的操作性、优良的机械性能和耐磨性，以及特有的边缘封闭性，一直作为修复后牙缺损的标准直接充填材料。但由于其毒性作用和较差的外观，复合树脂越来越多地用于后牙Ⅰ和Ⅱ类缺损修复，目前倾向于采用混合型或小颗粒型复合树脂，其磨耗率较为接近银汞合金。复合树脂作后牙修复最突出的问题是耐磨性不佳和发生继发龋，目前从无机填料、树脂基质、牙本质粘接剂等方面进行改进，以研制专用的后牙复合树脂已取得长足的进步，在不久的将来可望取代银汞合金。

二、修复体修复

这种修复方法采用填料含量更高的混合型和超微型复合树脂，在口腔外部以光、热、压力或联合的固化方式，获得固化更完全、理化性能更佳、更耐磨的修复体。同时，因为聚合反应和聚合收缩在口外完成，所得的修复体可望有较小的边缘微漏。最后，将完成的修复体粘固到预成的洞形中即可。根据制作方法的不同，分为直接和间接两种形式，目前多为直接法。

直接制作修复体包括首先在预成洞形中涂布分离剂，再充入复合树脂、成形并初步光固化，然后取下修复体进一步进行光固化（约6分钟）或热固化（约120℃，7分钟），最后用粘接剂将修复体粘接于缺损洞形中。

总之，由于复合树脂具有较好的生物安全性、良好的外观色泽和临床可接受的物理机械性能，尽管作为后牙修复材料在强度、耐磨性、防龋性和使用寿命方面不及银汞合金，但作为前牙审美修复和部分后牙修复已取得很大的成功。近年来，一种称为复合玻璃体（compomer）的修复材料结合了复合树脂与玻璃离子水门汀的优点，显示了良好的防龋性和粘接性，机械强度也有所提高，其长期的临床观察正在进行之中。可以预计，复合树脂经过进一步的改性，将是一种极有发展前途的牙体修复材料。

（管利民）

第十三章 水 门 汀

水门汀通常是指由金属盐或其氧化物作为粉剂与专用液体调和而成的无机非金属修复材料，口腔临床亦称粘固粉或粘固剂，主要用于各种修复体的粘接、乳牙和恒前牙的充填、暂封、衬层、盖髓、保髓、根管充填等，目前已有多种水门汀广泛应用于口腔临床。

第一节 种 类

按用途可分为粘接用水门汀、充填用水门汀和衬层用水门汀。按水门汀组成可分为磷酸锌水门汀、聚羧酸锌水门汀、玻璃离子水门汀、氧化锌丁香酚水门汀和氢氧化钙水门汀。临床常用水门汀的种类和用途如表 14-13-1。

表 14-13-1 口腔临床常用水门汀种类和用途

水门汀种类	主要用途
磷酸锌水门汀	充填、粘接
聚羧酸锌水门汀	充填、衬层
玻璃离子水门汀	充填、粘接、衬层
氧化锌丁香酚水门汀	衬层、暂封、保髓
氢氧化钙水门汀	盖髓、保髓、充填

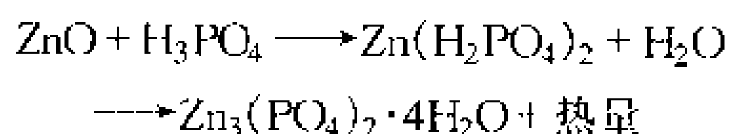
第二节 临床常用水门汀

一、磷酸锌水门汀

（一）组成（表 14-13-2）

（二）性能

1. 凝固反应 当粉液混合后，主要发生下面的反应：



$$ZnO + H_3PO_4 \longrightarrow Zn(H_2PO_4)_2 + H_2O$$
$$\longrightarrow Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O + 热量$$

反应结果生成不溶于水的磷酸锌以及被包裹的残留氧化物而凝固，反应放热并伴随体积收缩。

表 14-13-2 磷酸锌水门汀的组成

成 分	作 用	含量（%质量分数）
A. 粉剂		
氧化锌	基质材料	75～90
氧化镁	提高强度，减小溶解性	<10
二氧化硅	增加机械强度	<2
氧化铋	延缓固化，增加延展性	<1
B. 液剂		
正磷酸	基质材料，与氧化物反应	45～63
氧化铝	延缓和调整固化速度	2～10
氧化锌	延缓和调整固化速度	2～10
水	调节固化速度	20～35

2. 粘接性能 磷酸锌水门汀在凝固前为具有一定流动性的糊状物，可渗入牙和修复体表面的细微结构中而形成一定的机械嵌合力。这种粘接力通常较低，对牙釉质和牙本质的粘接强度一般为 2MPa 和 1.5MPa 左右。

3. 理化性能 粉液调和后在 5～8 分钟内凝固，此时即具有适当的强度，可承受一定的咀嚼力，1 天后压缩强度约为 130MPa，拉伸强度约为 15MPa，表面硬度（HV）为 35。在调和过程中，若粉液比例不当、调和速度过快以及被水和杂质污染，均会导致强度下降。在凝固初期有轻微的体积膨胀，2～3 小时后发生收缩，最大的体积收缩率为 0.04%～0.06%。该材料基本不导热，也不导电，是一种很好的绝缘物质。

磷酸锌水门汀几乎不溶于水，但可被酸性物质所溶解。通常唾液略带酸性，同时食物残渣的分解也将产生乳酸或醋酸，因此，长期在口腔环境中它将逐渐被溶解，在人工唾液中的溶解率为 1.38%。这种溶解性将使水门汀本身的强度下降，体积发生改变，粘接力也随时间延长而逐渐减弱。

4. 生物学性能 磷酸锌水门汀在凝固时以及凝固后将释放出游离磷酸，这是它刺激牙髓和牙龈的主要原因。在粉液调和后的短时间内其酸性较强（调和 3 分钟后其 pH 为 3.5），此时可使牙髓产生

炎性反应，1～2天后酸性减弱，接近中性。但该水门汀引起的牙髓反应一般是可逆的，通常在5～8周后即可恢复正常。

（三）应用

磷酸锌水门汀可用于牙体缺损的暂时性和较长期充填修复；粘接嵌体、冠、桥和正畸附件，还可用于深龋洞的间接衬层以及中层龋的直接衬层。此外，也可用于根管充填。必须注意，充填深龋洞时，不宜直接用该水门汀衬层，应先用其他低刺激性的材料如氧化锌丁香酚水门汀衬层。口腔临床作充填和衬层时，通常按每3 g粉配1ml液的比例进行调和，作粘接时可适当加大液剂的用量，以获得较好的流动性。但粉液调和比越低，材料的溶解性和刺激性就越大，理化性能也越差。

二、氧化锌丁香酚水门汀

（一）组成

根据不同用途，氧化锌丁香酚水门汀通常可分为Ⅰ～Ⅳ种类型，各类型之间除少量增强剂和改性剂不同外，其余均是以氧化锌为主要成分的粉剂，与丁香酚或其改性物为主要成分的液剂反应而成的水门汀。其常规组成见表14-13-3。

表14-13-3 氧化锌丁香酚水门汀的组成

成 分	作 用	含量(%质量分数)
A. 粉剂		
氧化锌	基质，有消毒收敛作用	69
松脂	增加粘性与韧性	29
硬脂酸锌	加速固化	1
醋酸锌	加速固化，增加强度	1
B. 液剂		
丁香油	基质材料，与氧化锌反应	85
橄榄油	增加粘性与韧性	15

为提高机械强度，常在粉剂中加入聚甲基丙烯酸甲酯、聚苯乙烯、氧化铝等增强填料，或在液剂中加入乙氧基苯甲酸。另外，由于液剂中所含的丁香酚是一种自由基聚合阻聚剂，当作为复合树脂充填窝洞的衬层时，将影响树脂的聚合反应。为此，采用丁香酸酯溶于O-乙氧基苯甲酸中，或将n-已基香兰酸酯溶于O-乙氧基苯甲酸中作为不含丁香酚的改性液剂。

（二）性能

1. 凝固反应　丁香油中含有75%质量分数的丁香酚，它可与氧化锌反应生成一种硬质的螯合物丁香酸锌而凝固。这一凝固反应必须在有水存在的情况下才能顺利进行，水分越多凝固越快。调和物中含水2%（质量分数）在1天后固化，含水5%可在15分钟内凝固。临床使用时，不必将组织面完全干燥，适当的湿度会有利于水门汀的固化，故可用小棉球沾水加压成型。

2. 粘接性能　其粘接力主要是机械嵌合力，粘接强度较低。

3. 理化性能　粉液调和后在口腔内4～10分钟内固化，粉液比越大，凝固速度越快。其压缩强度因不同类型而低至3～4MPa或高达50～55MPa。该水门汀可阻止热传导，其导热系数近似于牙本质，并有一定的X射线阻射作用。它易溶于水和唾液，在蒸馏水中24小时后溶解率为2.5%质量分数，与唾液长时间接触也将被逐渐溶解破坏。含丁香酚的水门汀对复合树脂有阻聚作用，并会减弱牙本质粘接剂的粘接效果。改性的无丁香酚的水门汀则没有这些不利影响。

4. 生物学性能　该水门汀对牙髓的刺激作用很小，尽管也引起牙髓炎症反应，但产生的炎性细胞很少，修复性牙本质形成较多。此外，由于含有丁香酚，它对发炎的牙髓具有一定的镇痛和安抚作用。

（三）应用

Ⅰ型用作暂时粘固；Ⅱ型用作修复体的长期粘固；Ⅲ型用作暂时充填和隔热垫底；Ⅳ型用作洞衬剂。此外，还可与牙胶或银尖一起作根管充填，加入纤维素、鞣酸和花生油等调和可作为牙周塞治剂。必须注意，当采用复合树脂充填修复窝洞，以及准备用牙本质粘接剂修复窝洞时，不宜直接用含丁香酚的水门汀作衬垫，而应选择不含丁香酚的改性水门汀，若要用含丁香酚的水门汀，则必须再衬一层材料，如用氢氧化钙水门汀。

临床使用时首先按需要量将粉和液分别放于清洁消毒的玻璃板上，然后用水门汀调拌刀将粉加入液中，采用旋转调和法加入粉剂调和，直至呈膏状或所需的稠度为止。

三、氢氧化钙水门汀

氢氧化钙水门汀主要由氢氧化钙和螯合剂组成，常配成双糊剂，多用于洞衬盖髓，故又称氢氧化钙糊剂或盖髓剂。

（一）组成（表 14-13-4）

表 14-13-4　氢氧化钙水门汀的组成

成　分	作　　用	含量(质量分数%)
A 糊剂		
氢氧化钙	主要基质，促进继发件	5
氧化锌	牙本质生长	10
硬脂酸锌	加速剂	0.5
N-乙基邻、对甲苯磺酰胺	赋型载体	39.5
B 糊剂		
水杨酸乙二醇酯	螯合剂	40
二氧化钛	惰性材料	60
硫酸钙	阻射 X 线，颜料	
钨酸钙	遮光剂	

（二）性能

两糊剂调和后钙离子和锌离子与螯合剂生成螯合物而固化。湿度对凝固速度影响很大，有水分存在时会很快凝固。

该水门汀的强度较低，压缩强度约 20MPa。它在口腔水环境中有较大的溶解性，析出氢氧化钙而使材料周围呈碱性，可杀灭细菌和抑制细菌生长，能促使洞基底钙化和形成继发性牙本质。

（三）应用

该材料溶解性大、强度低，不宜用作粘接，但其生物学性能良好，特别适于作深龋保髓和盖髓

四、聚羧酸锌水门汀

聚羧酸锌水门汀是一种含氧化锌的粉剂，与含聚丙烯酸的液剂反应而成的水门汀。

（一）组成（表 14-13-5）

表 14-13-5　聚羧酸锌水门汀的组成

	成分	作用	含量(质量分数%)
粉剂	氧化锌	主要基质	90～95
	氧化镁	增加强度	5～10
	氟化钙	防龋	微量
	氟化亚锡	防龋	
	氧化铝	增加强度	
液剂	聚丙烯酸	主要基质	32～42
	水		余量

以上粉状混合物在 1150℃ ±10℃烧结 7～10 小时后，粉碎成直径小于 10μm 的细粉，即制成粉剂。液剂中一般采用聚丙烯酸，其分子量为 25 000～50 000，也可用丙烯酸与衣康酸或马来酸的共聚物。

（二）性能

1. 凝固反应　当粉液调和后，碱性的氧化锌与酸性的聚丙烯酸发生中和反应，通过 Zn^{2+} 与聚丙烯酸分子链上的-COOH 反应生成聚丙烯酸锌，形成交联的网状结构而凝固。

2. 粘接性能　该水门汀除了能与牙和修复体形成机械嵌合力外，未反应完的-COOH 还可与牙表面的-OH 形成氢键，并与牙中的 Ca^{2+} 发生一定程度的络合反应，而已离解的 COO^- 阴离子可与牙中的 Ca^{2+} 阳离子产生一定的异性离子吸引力。因此，其粘接力高于磷酸锌水门汀，对人牙釉质和牙本质的粘接强度分别为 3～10MPa 和 2～6MPa。

3. 理化性能　该水门汀在调拌后 5～8 分钟凝固，固化物的机械强度不高，1 天后压缩强度约为 80MPa，拉伸强度约为 7MPa，表面硬度（HV）为 20，在人工唾液中的溶解率为 1.42%质量分数因为聚丙烯酸中-COOH 基团的离解常数较低，溶出物的酸性较低。在唾液中，该粘固剂还可释放出 F，从而具有防龋的作用。

4. 生物学性能　该水门汀溶出的酸较少，对牙髓及牙龈的刺激很轻，与氧化锌丁香酚水门汀相似，但不能促使继发性牙本质的形成，对暴露的牙髓会引起不同程度的炎症，故不能用于直接盖髓.

（三）应用

由于该水门汀具有较好的粘接性能和生物学性能，常用于固定修复体如冠、嵌体、桥的粘接固位，还可作为深龋和银汞合金充填时的直接衬层，衬层后不必再使用磷酸锌水门汀。该水门汀不宜在主要受力处使用，因它在应力作用下会逐渐变形，也不能直接用于盖髓或保髓，但适宜作为儿童龋洞的充填治疗。

临床使用时首先用水、酒精或过氧化氢溶液清洗牙体和修复体表面，经隔湿、干燥后进行粘接和充填。通常按粉液比 1.5∶1（质量比）进行调和，并在清洁、干燥的玻璃板或专用调和纸上进行。由于液剂粘稠度大，且在空气中水分易挥发而变得更稠，故应在 30～40 秒的时间内，将粉逐份加入液剂中，迅速调和均匀。用作粘接时，为获得良好流动性可稍调稀。此外应注意，应及时用湿棉球擦净残留在牙体、修复体、调和器皿表面的水门汀，否

则待水门汀固化后很难除去。

五、玻璃离子水门汀

70年代初，出现了一种由硅酸铝玻璃粉和聚丙烯酸液体组成的新型水门汀，称为聚丙烯酸硅酸铝盐，简称ASPA，因这类材料由玻璃粉与聚丙烯酸反应，生成含离子键的聚合体，故又称为玻璃离子水门汀，或玻璃离子体水门汀。该类水门汀同时具备了硅酸盐玻璃粉的强度、刚性、氟释放性和聚丙烯酸液体的生物性及粘接性。

自1975年首先在欧洲用于临床以来，其组成和性能得到很大改进，已有众多的品种广泛用于临床。1986年，国际标准化组织颁布了该水门汀的测试标准，并将其名称规定为“玻璃聚链烯酸盐水门汀”，但人们仍习惯称之为玻璃离子水门汀。

（一）组成

该水门汀通常由两组分构成，即粉剂和液剂。

1. 粉剂　早期的粉剂由 SiO_2-Al_2O_3-CaF_2-$AlPO_4$-Na_3AlF_6 构成，其中，Al_2O_3/SiO_2 的比例为1∶2或更高，氟化物含量可达23%质量分数。近年来，粉剂的成分有了变化，增加了钠含量而减少了氟含量，目的在于获得半透明性和调射线阻射性以及避免氟过多症。常规组成如表14-13-6。

表14-13-6　玻璃离子水门汀粉剂的组成

成分	含量（质量分数%）		
	配方一	配方二	配方三
钙	8	10	7
钠	5	2	7
铝	16	14	16
氟	13	13	10
磷	1	3	5
硅	20	16	13
氧	37	35	42
锶或钡	少量	少量	少量

将这些成分混合，经1000～1400℃高温熔融成玻璃，再在水中骤冷后研磨，即成粉剂。

2. 液剂　早期使用的液剂是聚丙烯酸水溶液，其分子量30 000～50 000，含量为50%质量分数左右。为获得良好的操作性能和固化性能，还加入了5%质量分数以下的酒石酸。为进一步得到更高分子量的聚合物且不发生凝胶，又采用丙烯酸与衣康酸或马来酸、3-丁烯-1，2，3-三羧酸形成共聚物。这样制得的共聚物水溶液不仅防止了液体凝胶，而且增加了反应活性，可获得更佳的物理机械性能。

近年来还开发出几类性能更佳的新型的玻璃离子水门汀。

一类是单一的粉剂型。它由上述玻璃粉和经过真空干燥的丙烯酸均聚物或共聚粉构成，使用时仅需用水或酒石酸溶液调和即可。采用分子量较高的丙烯酸类聚合物可改善水门汀的物理机械性能，但将聚合物制成溶液则容易发生凝胶，其溶液粘稠度大，不利于与粉剂调和，制成单一粉剂型则克服了上述不足，获得较好的理化性能和操作性能。

另一类是光固化的玻璃离子水门汀。其优点主要是延长了操作时间。它也由粉和液组成，粉中含有具有光学活性的硅酸铝盐玻璃粉，液剂则由含有甲基丙烯酸酯支链的聚羧酸、2-甲基丙烯酸羟乙酯、光敏剂和水组成。当粉液混合时即发生一般玻璃离子水门汀所具有的凝固反应，但此时仅稠度增大，不会凝固，需待光照后发生自由基聚合反应才迅速固化，这两种凝固反应相互独立，互不干扰。

还有一类称为金属陶瓷水门汀。其液剂与一般玻璃离子水门汀相同，粉剂中加入贵金属细粉如平均粒度为3.5μm的银粉，同时加入5%质量分数的二氧化钛以改善色泽。这类水门汀由于加入了金属微粉作为增强剂，其物理机械性能比传统的材料有了明显的提高。

现有的玻璃离子水门汀主要有Ⅰ～Ⅲ三种类型，主要用作粘接、充填和洞衬垫底，根据不同的用途和要求，材料的组成略有差异。

（二）性能

1. 凝固反应　当水门汀两组分调和后，聚丙烯酸及酒石酸中的-COOH基团与玻璃粉中所含的 Al^{3+}、Ca^{2+} 等离子进行配位络合，形成交联的网状结构，并将未反应的玻璃粉结合在一起，逐渐由糊状变为凝胶而固化。在固化过程中酒石酸起着重要的作用，在水门汀混合后，它在低pH值的情况下优先与离子玻璃反应生成络合物。因聚丙烯酸盐络合物要在高pH值时才能形成，这就防止了过早凝胶化，从而延长了水门汀的有效操作时间。

该水门汀在粉液混合后5分钟左右凝固，光固化型则在光照时才凝固，在凝固的早期阶段，生成聚羧酸钙凝胶，此时材料极易吸收水分，可被浸蚀和溶解。进一步反应生成聚羧酸铝后，水门汀才变

得坚硬和不易溶解，这一过程至少需要30分钟。因此，在这段时间内一定要在水门汀表面涂布保护剂，防止水气的浸蚀。

2. 粘接性能 在凝固反应的早期阶段，由于存在未完全反应的-COOH，材料呈现一定酸性。这些自由基团可与牙组织中羟基磷灰石上的Ca^{2+}结合而形成粘接力。以前认为，在部分离子化的聚丙烯酸附近的-COO与Ca^{2+}形成了螯合键。但近来发现，每个羧酸盐基团在玻璃粉表面取代了一个磷酸盐基团和一个Ca^{2+}离子。因此，正是羧酸盐基团与羟基磷灰石表面层的有效结合，形成了水门汀与牙体的粘接力。该水门汀与牙釉质的粘接拉伸强度为4～6MPa，与牙本质为2～3MPa。其粘接边缘封闭性优于其他齿科水门汀，但不如银汞合金，而与复合树脂/牙本质粘接剂体系相比，依据材料种类、操作和测试方法的不同而各有优劣。

玻璃离子水门汀与陶瓷和金属之间难以形成化学性结合，其结合主要是一种物理机械性粘接。陶瓷和贵金属表面经过适当处理后，方能与该水门汀产生较强的粘接力。

临床研究发现，在现有的牙本质粘接修复材料中（除银汞合金外），只有玻璃离子水门汀的固位效果最佳。但是实验室的粘接强度测试结果却发现，对牙本质的粘接，绝大多数牙本质粘接剂与复合树脂联用体系的粘接强度值均高于玻璃离子水门汀。这一相反结果颇耐人寻味，促使人们去进一步探明实验室所测粘接强度数据与实际效果不相符的原因，以便对包括玻璃离子水门汀在内的粘接修复材料作出正确的评价。

3. 理化性能 该水门汀的色泽与天然牙色接近，呈半透明状，能保持稳定，是一种热和电的不良导体，在人工唾液中有轻度溶解，其溶解率为0.3%左右。固化24小时后，其压缩强度约为170MPa，拉伸强度约为16MPa，表面硬度（HV）为50左右，并有较好的耐磨性。这些性能均优于其他水门汀，但其机械强度却低于复合树脂和银汞合金。加入金属微粉增强的金属陶瓷水门汀，其机械强度和耐磨性则有很大的改善（表14-13-7）。

该水门汀固化后将持续地释放出氟，但随时间的延长其释放率将逐渐降低。但牙釉质和牙骨质中确实存在来自水门汀中释放出的氟，且牙釉质所获得的氟随着与水门汀充填物距离的接近而增加。这一性能表明它具有防龋的作用。在固化时和固化后，玻璃离子水门汀还要溶出一定数量的游离H^+，造成对牙髓的刺激。在这种由溶出的H^+和食物所形成的酸性环境中，该水门汀的表面将会产生腐蚀，由于这种表面腐蚀，以及表面扩散和磨损，经一段时间后其表面将发生一定程度的分解，但这种分解均低于磷酸锌和聚羧酸锌水门汀。

4. 生物学性能 玻璃离子水门汀在凝固过程中，其溶出物的pH小于3，呈现酸性。它对牙髓所产生的刺激性略强于改进的氧化锌丁香酚水门汀和聚羧酸锌水门汀，而明显低于磷酸锌水门汀（表14-13-7）。

表 14-13-7 几种修复材料的性能比较

材料	体积磨耗量（mm^3）	挠曲强度（MPa）
传统玻璃离子水门汀	6.0	20
金属陶瓷水门汀	0.3	40
超微型复合树脂	0.2	60～80
传统型复合树脂	0.4	110～135
银汞合金	0.2	140

（三）应用

1. 应用范围 由于玻璃离子水门汀具有良好的粘接性、生物安全性、抗龋性和耐溶解性等特点，目前已广泛用于粘接、充填和洞衬等方面，通常Ⅰ型用作粘接固位，Ⅱ型用作充填修复，Ⅲ型用作衬层垫底。

传统型水门汀的机械强度较低，不能用于充填恒牙的Ⅱ、Ⅳ类洞及受力较大部位，但可用于乳牙所有洞形的修复，对于恒牙的修复多用于Ⅲ、Ⅴ类洞，尤其适宜作楔状缺损的修复。近年出现的金属陶瓷水门汀，其机械强度和耐磨性有了明显提高，它可以作为牙本质的替代物而广泛用于内冠（核）制作、Ⅱ类洞修复、乳牙修复、嵌体洞衬、根管治疗、金属冠和嵌体边缘破损的修补等方面。

该水门汀对洞形的要求不严，不必预备特殊的洞形，但对较深的窝洞应作衬底，最好用硬质氢氧化钙垫底。当牙髓暴露时，不能用该材料作垫底或盖髓。此外，玻璃离子水门汀还可用作预防性充填和窝沟封闭，以防止龋蚀的发生。

近年来推出了一种利用玻璃离子水门汀和复合树脂联合修复牙本质缺损的叠层修复术，这种联合形式因颇似三明治的夹心结构，故又俗称为“三明治”修复术。这种技术利用玻璃离子水门汀与牙本

质的良好粘接性，将其作为牙本质的替代物，同时利用复合树脂与牙釉质的优良粘接性和高的机械强度，将其作为牙釉质的替代物，先将水门汀衬垫于洞底与牙本质结合，待其固化后对表面进行酸蚀或粗化处理，然后再充填复合树脂，这两种材料借助微机械嵌合而结合在一起。临床应用表明，叠层修复术明显减小了微漏的程度和范围，增强了固位效果。

2. 使用方法　首先按产品说明准确取量粉液进行调和，通常作充填修复按粉液比3:1（质量比），作粘接按粉液比1.25～1.5:1（质量比）取量放置于清洁、干燥、冷的玻璃板上。因为液剂中的水分容易挥发而改变酸/水比例，故一旦完成粉液的取量，必须尽快进行调和，且应在45秒内完成调和。然后用塑料器械将水门汀充填或涂覆于所修复部位，最好采用成型片协助塑型和保护材料表面。因为在初期固化阶段，水门汀对暴露在空气中和失去水分极为敏感，容易造成表面龟裂，所以此时必须仔细保护水门汀表面，成型片至少应覆盖表面5分钟。一旦取下成型片且进行边缘修整时，必须立即采用配套的清漆或凡士林，甚至最好采用单组分的光固化树脂粘接剂涂抹在材料表面以提供保护，直至水门汀完全固化。若需要进一步的边缘修整和抛光，最好在24小时后进行。对某些快速固化的水门汀，可在10小时后进行修整。

（管利民）

第十四章 粘接材料

两个同种或异种的固体物质，与介于两者表面的第三种物质作用而产生牢固结合的现象，称为粘接或粘合。能将一种或数种固体材料粘合连接起来的物质，称为粘接剂、粘合剂或胶粘剂。被粘接的固体物质称为粘接体、被粘物或被粘体。能将修复体或修复材料粘接到口腔软硬组织上的物质，称为口腔粘接剂。口腔粘接剂与其他辅助性试剂，如表面处理剂、酸蚀剂、表面保护剂等，统称为口腔粘接材料。

人们很早就认识到修复材料若能与口腔软硬组织获得稳固的粘接，将对临床修复治疗产生极其重要的影响。有效的粘接可减少或消除对牙体组织的切削而替代机械固位方法，防止修复体与牙体组织之间的边缘微漏，并能最大程度地保存健康的牙体组织，获得最佳的修复效果。自60年代Buonocore最先提出用磷酸处理牙釉质表面以获得树脂与组织的粘接以及复合树脂的问世以来，口腔粘接材料特别是牙釉质粘接剂已得到广泛的应用，并取得了良好的效果，尽管目前对牙本质的粘接还不太理想，但随着研究工作的日益深入，各种新型粘接材料不断涌现，为口腔粘接修复带来了空前的繁荣，以至于有专家认为"未来的口腔医学将会是粘接的时代"。

第一节 种 类

一、粘接材料的种类

口腔粘接材料的种类繁多，根据不同的分类方法，可分为以下几类。

1. 按被粘物分类 包括牙釉质粘接剂、牙本质粘接剂、骨粘接剂、软组织粘接剂。

2. 按应用类型分类 包括充填修复粘接剂、固定修复粘接剂、正畸粘接剂和颌面缺损修复粘接剂等。

二、粘接材料的应用类型

1. 牙体缺损修复 在牙釉质和牙本质的缺损修复中，粘接性复合树脂以及水门汀粘接材料已能获得较稳固的固位和边缘封闭效果，并得到广泛的应用。

2. 牙体缺失修复 在固定修复中，金属翼板桥的粘接已取得很大进展，不仅大量保存了健康的牙体组织和恢复了咀嚼功能，而且在改善发音和审美方面发挥了独特的作用。

3. 牙颌畸形矫正 粘接剂已成为现代正畸治疗必不可少的材料，在正畸直接粘接技术中，各种正畸附件均依赖于粘接固位而达到矫正目的。

4. 龋病预防 将防龋涂料（窝沟封闭剂）涂覆粘接于龋病好发部位，以防止龋病的发生，这种方法在现代口腔预防学中已占有举足轻重的地位，发挥的长期防龋作用已得到世界的公认

5. 审美修复 各种色泽美观、操作简便的可见光固化复合树脂、烤瓷及树脂冠、贴面的应用并借助于粘接剂固位，使前牙缺损和色泽异常牙的审美修复进入了一个新的时期，在重现天然牙的色泽、形态与功能方面取得了前所未有的效果。

6. 骨缺损修复 在骨缺损和骨折治疗以及人工关节中，采用骨粘接剂（骨水泥）进行粘接固位修复，已成为目前很有发展前途的技术和方法。

7. 软组织粘接修复 软组织粘接剂可作为牙周手术时的止血敷料和用于创口的粘接以代替缝合，并促进组织愈合，还可用于人工假体与颌面软组织的粘接固位。

第二节 粘接原理

粘接是一个复杂的物理、化学过程，粘接力产生于粘接剂与被粘物之间的界面区内，其大小取决于粘接剂和被粘物的表面结构和状态，而且与粘接过程的工艺条件密切相关。

一、粘接力的形成

粘接剂与被粘物表面之间通过界面相互吸引并产生连续作用的力，称为粘接力。当粘接剂将两个被粘物结合起来时，粘接部位形成粘接接头(joint)。粘接接头是一个多相体系，由三个均匀相，包括粘接剂和两个被粘物，以及两个界面区组成。很明显，粘接力就在两个界面区内形成。粘接力通常包括以下几种力。

1. 化学键力　又称为主价键力，与粘接有关的力包括共价键和离子键，存在于原子或离子之间。化学键有很高的键能，粘接力若主要来源于化学键力，将能获得很高的粘接强度。化学键的形成与否同原子或离子之间的距离有直接关系，距离越短，越容易形成化学键。

2. 分子间作用力　又称为次价键力，包括范德华力（取向力、诱导力和色散力）和氢键力，主要存在于分子之间，这种力较小，且随分子间距离的增大而迅速减小。

3. 静电吸引力　具有电子供给体和电子接受体的两种物质接触时，电子会发生迁移，使界面两侧产生接触电势，形成双电层而产生静电吸引力。

4. 机械作用力　当粘接剂渗入并充满被粘物表面微孔或凹凸部位，固化后可在界面产生机械锁合作用力，其本质是一种摩擦力。

在以上四种粘接力中，只有分子间作用力普遍存在于所有的粘接体系中，其他作用力仅在特定条件下才能成为粘接力的来源。很多学者认为，粘接作用是粘接剂与被粘物分子在界面区上相互吸引而产生的，它包括物理吸附和化学吸附，即粘接力是由分子间的相互作用力（范德华力和氢键力）和原子间的相互作用力（化学键力）共同产生的，这就是当今较为公认的解释粘接现象的吸附理论。

二、粘接过程的界面物理化学反应

由于粘接力是在粘接剂与被粘物的界面区内形成，了解粘接过程中界面的物理化学反应十分重要。

1. 表面能和表面张力　固体或液体物质表面层的分子与内部分子不同，其受力不平衡，会产生一种向内收缩的力。受这种力作用的结果，液滴会收缩成球形，固体表面则会吸附环境中的物质而获得平衡。对固体而言，这种力称为表面能（单位 J/m^2），对液体则称为表面张力（单位 N/m）。

2. 润湿与接触角　当液体滴在固体表面时，它可以铺展开获得一定形状而达到平衡。

液体在固体表面的润湿程度，常以接触角 θ 的大小来表示。接触角是通过液滴三相点（气、液、固）作液滴曲面的切线，该切线在液滴接触面一侧与固体的夹角。接触角 θ 越小，液体在固体表面的润湿性能越好，润湿速率越快。当 $\theta=0°$，表示固体表面被液体完全润湿；$\theta<90°$，表示固体表面能被液体润湿；$90°<\theta>180°$，表示不完全润湿，液体难以润湿固体表面。

3. 表面能与粘接的关系　粘接剂润湿被粘物后形成界面，分子或原子间产生相互作用力，这种作用力在粘接剂固化后被固定为粘附功，宏观表现为粘接强度。研究表明，最大粘附功与固体表面能成正比例关系，为获得最大粘附功或粘接强度，应尽量增大固体的表面能。

三、粘接力形成的必要条件

如上所述，粘接剂与被粘物分子或原子间的距离越近，两者之间的相互作用力越大，粘接强度也越高。因此，只有粘接剂液体能充分润湿被粘物表面，两者之间的距离才可能达到产生有效价键力的范围，这也是产生粘接作用的关键和必要条件。

第三节　口腔组织环境的粘接特性

一、牙体组织

（一）牙釉质

主要含约97%质量分数的无机矿物质，包括羟基磷灰石、碳酸钙、磷酸镁和氟化钙等，另外含有约2%质量分数的水和0.4%～0.8%质量分数的蛋白质，以上成分形成结构紧密和排列有序的釉柱和柱间质。在牙釉质表面下 30μm 厚的区域中，含有较多的氟化物和碳氢化合物，有较强的抗酸能力。天然牙釉质表面被富含蛋白质的膜所覆盖，呈现非极性，其表面能为 $38\times10^{-3}J/m^2$。

（二）牙本质

主要由69%质量分数的羟基磷灰石等无机物、18%质量分数的胶原蛋白、11%质量分数的水和1.5%质量分数的其他有机质组成。以上成分通过有序排列形成牙本质小管、成牙本质细胞突起和细胞间质等组织结构。牙本质小管贯通整个牙本质，从牙髓腔向釉牙本质界呈放射状排列，其中不断有体液因小管的毛细作用而循环流动。牙本质的结构呈非均匀性，在靠近釉牙本质界较为致密，而接近牙髓腔则呈多孔性。

口腔临床在切削制备牙本质表面时，由于局部高热使表面的化学和物理特性发生改变，将形成1～5μm厚含有机物和大量无机物的复合层。这是一种结构无序的牙本质表面层，它较为稳固地粘附在牙本质本体上并堵塞了牙本质小管，此时因液体流动引起的牙本质渗透性将降低25～36倍。牙本质表面因含有较多的胶原蛋白，其表面能比牙釉质低。

由于牙釉质表面结构致密且含水较少，而牙本质表面结构复杂，不仅有较多的有机物，而且含有较多的不利于粘接的流动性水分，因此临床对牙釉质的粘接较为容易，而对牙本质的粘接则较为困难。

二、口腔环境

口腔软硬组织的粘接修复，是在口腔内这一特定环境中进行的。由于这种环境极为复杂，常常对粘接效果有直接的影响。其复杂性主要表现在以下几方面。

1. 湿度　口腔中不断有唾液分泌，牙体特别是牙本质中不断有体液循环。即使采取隔湿措施，口腔粘接区域仍处于100% rh潮湿状态。因此，高湿度是造成粘接失败和难以持久的重要原因。

2. 温度　口腔内温度变化大，随食物不同其变化范围一般为4～60℃。由于现有粘接剂和修复体的热胀系数均高于牙体组织，当温度急剧变化时，这种热胀系数的不一致将产生热应力和边缘微漏，易引起粘接失败。

3. 微生物和酶　各种微生物尤其是细菌分布于口腔各部，牙体表面往往紧密附着了细菌及其代谢产物，使其表面能降低。而口腔中的多种酶容易使粘接剂发生降解老化，造成性能逐渐下降和脱落。

4. 应力　在咀嚼过程中牙不仅受到高达18MPa的应力，且是一种复杂的综合性应力，包括压力、张力、剪力和扭力等。由于牙可提供的粘接面积有限，在很小面积上形成的粘接力难以长期承受如此大而复杂的应力，粘接剂容易发生应力疲劳而破坏。

5. 化学反应　口腔临床要求粘接剂应在37℃、5～10分钟内固化，在这种温度和时间范围内，同时存在氧气作为自由基聚合阻聚剂的情况，要完成粘接剂在牙面的润湿和铺展，继而产生相互作用力，最终完全固化以获得高的粘接强度，这是相当困难的。

6. 临床操作　粘接修复有很强的技术依赖性，粘接效果的好坏与临床操作技术紧密相关。口腔粘接要求的操作步骤较多，通常又在局部小范围进行，且受到时间的限制，这对完成标准的操作程序的确有困难。

综上所述，口腔环境中存在的诸多因素均不利于有效粘接的形成和长期稳定。但是，若粘接剂有良好的粘接性能和其他理化性能，有尽可能简单的操作步骤，再加上临床医生对粘接基本原理有足够的理解，能正确选择和使用粘接剂，则可大大减小甚至消除这些不利因素，从而获得满意的粘接修复效果。

第四节　表面处理技术

由于牙体和修复体表面均吸附了所在环境中的各种杂质，造成表面能降低，粘接剂液体难以形成良好的润湿和产生分子原子间的相互作用力，因此，粘接前进行表面预处理成为必不可少的重要步骤。

一、牙釉质的表面处理

1955年Buonocore首先提出采用磷酸水溶液处理牙釉质表面，以改善树脂修复材料对牙釉质的粘接。经过多年的完善，形成了以磷酸水溶液预处理牙釉质的酸蚀刻技术。目前，酸蚀刻技术已成为各类修复材料与牙釉质粘接前必不可少的常规预处理步骤。

（一）酸蚀处理机制

1. 提高表面能，增强润湿效果　牙釉质表面

的羟基磷灰石与磷酸反应生成溶于水的磷酸二氢钙而溶解脱钙，形成新鲜、清洁的表面，且因羟基和氨基的定向排列使表面呈现极性，从而提高了牙釉质的表面能并促进了粘接剂的润湿。

2.粗糙牙面，提高机械嵌合力 在酸蚀过程中，牙釉质表面因溶解性的不同而形成凹凸不平的粗糙面。根据釉柱溶解类型的差异，可分为三类：主要涉及釉柱中心的溶解、釉柱周围的溶解以及无固定形式的溶解。无论何种溶解类型，其结果均是牙釉质表面变粗糙，表面积成倍增加。

正是这种高表面能的粗糙表面，促使粘接剂渗入牙面的细微结构中，固化后形成10～20μm深度的树脂突，这些树脂突与牙釉质的锚式结合构成了牙釉质与粘接剂之间的最主要结合力。当然，在此基础上，也可能产生较强的分子间作用力和化学结合力。

（二）酸蚀剂种类和酸蚀时间

磷酸、乳酸、柠檬酸、丙酮酸、草酸、聚丙烯酸、稀硫酸等均可作为酸蚀剂处理牙釉质表面，经长期研究应用证明，30%～50%质量分数的磷酸水溶液，特别是37%的浓度具有最佳处理效果。为控制酸蚀剂的流动，限制酸蚀面积和避免刺激口腔软组织，许多酸蚀剂加入水溶性增稠剂制成酸蚀凝胶，同时为确认酸蚀部位，还加入品红等染料成为红色酸蚀剂。

常规酸蚀处理恒牙牙釉质的时间为0.5～1分钟，乳牙以及表面含氟化物较多的牙如氟斑牙等，酸蚀2分钟。近年发现，采用相同的酸蚀剂，对恒牙酸蚀15～30秒已足够。故目前推荐恒牙牙釉质的酸蚀时间不必超过30秒，但对乳牙、新生恒牙和氟斑牙应适当延长酸蚀时间。

酸蚀完后，应用水流彻底冲洗15秒，然后用无油压缩空气吹干并隔湿。若酸蚀面被唾液所污染，需重新酸蚀10秒。

二、牙本质的表面处理

与牙釉质不同，牙本质的表面形态和内部结构相当复杂，不仅含有较多的有机成分和水分，还有与牙髓相通的牙本质小管以及从小管中向外渗出的液体，而且临床制备的牙本质表面覆盖着因切削产生的复合层。这些因素均导致对牙本质表面处理和粘接的困难。由于牙本质粘接剂经历了几个时期的发展，与之配套的表面处理技术也有所不同，总的说来，主要有以下两类。

（一）去除复合层的表面处理技术

这种方法认为复合层是含牙本质碎屑和细菌的弱界面层，不利于粘接剂与牙本质基体的结合，必须予以除去。常用弱酸性水溶液如柠檬酸、丙酮酸、马来酸、柠檬酸与三氯化铁混合液（简称10-3溶液）等，以及中性螯合剂如pH 7.4的乙二胺四乙酸二钠（EDTA）水溶液。经过1分钟的处理，牙本质表面的复合层因溶解脱钙而除去，暴露出牙本质小管和清洁的表面，粘接剂可渗入小管而增加机械嵌合力，同时有可能与牙本质中的无机和有机成分形成化学结合。

（二）改善复合层的处理技术

这种方法的目的在于形成更稳定、更利于粘接剂结合的新复合层。已采用5.3%草酸铁或草酸铝水溶液、10%质量分数的甘氨酸水溶液（pH8.9）或10%质量分数的N-苯基甘氨酸丙酮溶液，以及一种pH 7.4、含Ca^{2+}、Mg^{2+}、PO_4^{3-}等离子的钙化液处理复合层，通过离子间的相互反应形成稳定的结晶或吸附活性反应基团，从而产生结构更加紧密、更利于粘接剂结合的表面层。

此外，还有采用浮石粉摩擦处理、化学除龋剂处理等方法。

综上所述，尽管处理牙本质的方法有多种类型，但都不如酸蚀刻技术处理牙釉质成功，还没有一种方法具有普遍的适用性。理想的表面处理方法应是包含在粘接剂的使用过程中，即仅用一种液体酸蚀牙釉质、调节牙本质、涂底漆和粘接，且不用冲洗。最近，一些新型产品正逐渐接近这一目标。

三、修复体的表面处理

1.金属修复体 常用方法有机械打磨处理、化学氧化处理和电化学氧化处理，其目的在于除去金属表面结构疏松的氧化层和油污等杂质，形成粗糙面，并获得清洁、结构紧密的表面氧化膜。

2.陶瓷修复体 常用方法是机械打磨和氢氟酸处理，以获得清洁粗糙的表面。

3.塑料修复体 采用机械打磨和溶剂溶胀法进行处理，通常聚甲基丙烯酸酯类塑料可用牙托水或氯仿进行处理。

第五节　常用粘接剂

一、牙釉质粘接剂

可分为两类，即复合树脂-牙釉质粘接剂和修复体-牙釉质粘接剂。

（一）复合树脂-牙釉质粘接剂

由于复合树脂很粘稠，为增强其润湿性，均采用牙釉质粘接剂，有时称为底涂剂。传统的牙釉质粘接剂与复合树脂组成基本相同，差别在于不含无机填料并加入了少量稀释单体，以后又在此基础上加入了粘接性单体。根据不同的引发方式，包括单一液剂的可见光固化型和双液剂的化学固化型粘接剂。

粘接性单体的分子中含有能与牙中钙离子或胶原蛋白反应的活性基团，以增强对牙体的粘接力。目前，这类粘接剂正向既能粘接牙釉质，又能粘接牙本质的方向发展。

（二）修复体-牙釉质粘接剂

用于固定修复体、正畸附件等的粘接，由底漆和糊剂或粉液组成。根据不同引发方式，同样分为化学固化型和可见光固化型两种。

1. 化学固化型　通常有粉-液调和型，糊-液非调和型、双液＋双糊调和型等剂型，其基本组成与复合树脂类似，另在液剂中加入了粘接性单体。

2. 可见光固化型　由单一液剂和单一糊剂组成。由于受光线透过率的限制，这种粘接剂主要用于透明正畸托槽的粘接。

结合酸蚀刻技术，口腔临床对牙釉质的粘接已取得较为满意的效果，通常对酸蚀牙釉质的粘接强度可达到16～22MPa，在牙釉质窝洞边缘不仅有良好的封闭性，且能长期保持稳定固位。

二、牙本质粘接剂

由于对牙本质粘接的困难性，长期以来临床对牙本质的粘接远远未能达到牙釉质的粘接效果。由于各种新型牙本质粘接剂相继问世，其粘接性能正向临床预期目标迈进。根据出现的时间和基本性能，牙本质粘接剂可分为五代。

1. 第一代牙本质粘接剂　与传统的牙釉质粘接剂几乎相同。这类粘接剂主要用作Ⅲ和Ⅴ类修复，粘接前需制备固位型和适当的牙釉质表面，粘接完成后在后牙咬合区常见术后过敏。

2. 第二代牙本质粘接剂　这类粘接剂试图利用复合层进行粘接，尽管其粘接强度在第一代的基础上有成倍提高，但仍需制备机械固位型。其较弱的粘接强度1年的固位率低至70%，后牙咬合区的术后过敏也未能明显减轻。

3. 第三代牙本质粘接剂　多数产品首先采用酸性液体预处理牙本质表面，再用两组分的底漆或粘接剂体系，这些产品明显提高了对牙本质的粘接强度，但操作步骤更多、更复杂。由于获得了较高的粘接强度，粘接前不必严格制备固位型，粘接后的术后过敏显著减轻。除粘接牙本质和牙釉质外，这类材料首次能粘接金属和陶瓷。其主要问题是使用寿命不够，长期固位率通常在3年后降低。

4. 第四代牙本质粘接剂　其特征是在牙本质中形成混杂化区域，结果产生胶原与粘接剂树脂的复合区。另一特征是总体酸蚀（同时酸蚀牙釉质牙本质）以及对潮湿牙本质的粘接。由于同时对管间牙本质和牙本质小管形成粘接力和封闭性，因而获得了高达18MPa的粘接强度和极低的术后过敏。这类材料的组分较多，临床操作比较复杂、耗费时间更多，容易产生操作错误和混乱。

5. 第五代牙本质粘接剂　为简化操作，最近开发出单组分粘接体系，所有表面预处理剂和粘接剂只采用一种液体，使用时不必调和，极为方便且不易产生混淆。这类产品对牙本质有良好的粘接强度和极低的术后过敏，其粘接强度为15～20MPa，某些产品加入了氟化物和弹性成分以增强防龋能力和改善边缘封闭性，有些产品甚至不用酸蚀也可获得良好的粘接效果。

三、骨粘接剂

主要用于粘接修复骨组织，包括人工关节固位、骨折固定和骨缺损修复，这类材料在骨科临床习惯称为骨水泥。

（一）甲基丙烯酸酯骨水泥

这类传统骨水泥主要由甲基丙烯酸甲酯均聚物或共聚物以及引发剂组成粉剂，由甲基丙烯酸甲酯单体和促进剂组成液剂，两者调和后发生自由基聚合反应而固化。从60年代以来，这种成型容易、使用方便的骨水泥在骨缺损修复中得到了广泛应

用。但在使用过程中，发现其聚合产热高、残留单体多、机械强度和粘接力不足，植入体内后可能产生骨质热坏死和血压降低甚至心脏骤停。为改善其性能，相继进行了一系列改进，如加入金属丝和玻璃纤维的增强骨水泥；加入可溶性、可吸收性和降解性物质制得的多孔性骨水泥；加入微胶囊化抗生素或其他药物制成药物释放性骨水泥，以及X射线阻射性骨水泥、低粘度骨水泥和水乳性骨水泥等。

（二）磷酸钙骨水泥

由两种或两种以上磷酸钙粉末，加上调和剂调成糊状注入修复部位，在人体内环境和温度下凝固并最终转化为羟基磷灰石的骨缺损修复材料。磷酸钙骨水泥通常由粉剂和液剂组成，粉剂中一般含一种酸性磷酸钙和一种碱性磷酸钙，如酸性的磷酸二氢钙和碱性的磷酸三钙，同时为加快凝固速度和提高强度，还加入羟基磷灰石作晶种，加入 CaF_2、$NH_4H_2PO_4$、NH_4Cl 等作为促凝剂。液剂通常为水，此外稀磷酸、血液、生理盐水等均可作为液剂以提供反应场所，使液剂溶解形成膏状并向生成物转化。粉液调和后不同磷酸钙之间发生水解反应和或产物间的反应，生成难溶于水的磷酸钙，最终转变为最稳定的羟基磷灰石晶体。该骨水泥调和后通常在10～60分钟内凝固，在数小时至1天内达到30～90MPa的压缩强度。其操作简便，可根据缺损部位任意塑形，固化过程中放热量小，对周围组织无热损害，更重要的是该骨水泥能在人体环境中自然生成羟基磷灰石，具有很高的生物活性，植入体内能与骨组织形成骨性结合。自80年代中期问世以来，这种性能优异的骨水泥在组成配方的优化、理化性能的改善、生物相容性的检测等研究和临床应用方面不断取得进展，显示了诱人的发展前景。

四、软组织粘接剂

软组织粘接剂主要用于外科手术创口的粘接吻合和止血，以代替或部分代替手术缝合。

（一）α-氰基丙烯酸酯粘接剂

由α-氰基丙烯酸酯，如甲酯、乙酯、正丁酯等，再加入少量阻聚剂、增稠剂和增塑剂组成单组分粘接剂。与常规丙烯酸酯的自由基聚合反应不同，α-氰基丙烯酸酯通过阴离子聚合而固化，在潮湿的空气中，甚至在被粘物表面极微量水分所提供的阴离子作用下，数秒钟后即可聚合固化产生稳固的粘接。该粘接剂有较强的粘接力，本身有一定的抗菌能力，但粘接耐水稳定性不佳，易缓慢降解。从50年代问世以来，该粘接剂曾得到广泛应用，后因本身可能有致癌性和降解产物存在一定毒性而应用减少，逐渐被新型的软组织粘接剂所替代。

（二）血纤维蛋白粘接剂

由人血纤维蛋白原、因子Ⅷ、抑肽酶以及凝血酶、氯化钙等组成双组分血纤维蛋白粘接剂。其固化反应直接利用人体的凝血机制，当两组分混合后，血纤维蛋白原在凝血酶和钙离子作用下转变为血纤维蛋白，同时，被激活的因子Ⅷ进一步使血纤维蛋白交联形成网状结构，从而生成粘接力很高的血纤维蛋白网络。粘接后数分钟内，凝固的血纤维蛋白为组织的迅速生长提供了基质，组织开始自然愈合。30～90分钟内，其最高粘接强度可达60kPa。约2周后，粘接剂在血浆酶的作用下被完全降解吸收，此时由于已长入网络的成纤维细胞的直接刺激，伤口的愈合速度加快。

血纤维蛋白粘接剂具有优良生物安全性，其主要成分来源于人体，无毒副作用，也没有免疫排斥现象。为防止传染疾病，一般采用患者自身的血液制取粘接剂。目前，该粘接剂已广泛用于人体软组织创口的粘接吻合和止血，特别适用于自身凝血机制障碍，或因服用抗凝血药物而引起凝血障碍的患者。此外，还可用于人工骨修复材料的赋型等方面。

第六节 窝沟点隙封闭剂

窝沟点隙封闭剂简称窝沟封闭剂，又称防龋涂料，是一种可固化的液体高分子材料，将它涂布于牙面窝沟点隙处，固化后能有效的地封闭窝沟点隙，隔绝致龋因子对牙齿的浸蚀，进而达到防龋的目的。目前广泛应用的窝沟封闭剂主要有两种类型，即自凝固化型和可见光固化型。

一、组 成

市售的窝沟封闭剂产品，除封闭剂本身外，一般还提供配套的酸蚀剂。常用的酸蚀剂为30%～

50%的磷酸水溶液，并且加有增稠剂，目的在于减小酸蚀剂的流动性，以便容易控制酸蚀范围。

（一）自凝固化型窝沟封闭剂的组成

一般为双液剂型，一液为基质液体，另一液为催化液体，使用时取等量的两组份，调和均匀，一般经4～6分钟自行固化。表14-14-1为一般自凝固化型窝沟封闭剂的化学组成。

表14-14-1　自凝固化型窝沟封闭剂的组成

组份	组　成
基质液体	基质树脂（Bis-GMA），活性稀释剂（TEGDMA）
	引发剂(BPO)，颜料(钛白粉)，气相 SiO_2，阻聚剂
催化液体	基质树脂（Bis-GMA），活性稀释剂（TEGDMA），促进剂(DHET)，阻聚剂

窝沟封闭剂所用基质树脂与复合树脂的基质树脂是相同的，均为含有端乙烯基的丙烯酸脂类低聚物，如Bis-GMA及其改性树脂。基质树脂的用量一般为总重量的30%～50%。

由于基质树脂粘度一般都很大，而窝沟封闭剂粘度要求较稀，因此，需要加入稀释剂。常用的稀释剂主要是低粘度的单、双或多官能团的甲基丙烯酸酯类化合物，如TEGDMA（双甲基丙烯酸二缩三乙二醇酯），其用量占总重量的70%～50%。

窝沟封闭剂的基质液体与催化液体中的基质树脂和稀释剂是相同的，不同点在于基质液体内含有引发剂(如BPO)，催化液体内含有促进剂(如DHEP)，当基质液体与催化液体混合后，引发剂BPO就会与促进剂DHEP在室温下发生氧化还原反应，产生自由基，进而引发树脂基质及活性稀释剂交联固化。

在窝沟封闭剂内加入颜料钛白粉（TiO_2）的目的，在于提高封闭剂的可识别性。不加颜料的封闭剂几乎为无色透明液体，涂于牙面上，难于识别其已涂范围，加入少量钛白粉，胶液呈淡乳白色，肉眼易于识别。如果钛白粉颗粒较粗，在封闭剂长期存放过程中，它会因重力作用逐渐沉淀。气相 SiO_2 的粒度极细小，平均为0.04μm，加入封闭剂中具有助悬浮作用，可阻止钛白粉的沉淀。钛白粉和气相 SiO_2 均需经硅烷化表面处理。

为了防止窝沟封闭剂在储存、运输中发生聚合，一般在其中加有微量的阻聚剂，常用的阻聚剂有2、6-二叔丁基对甲苯酚、对苯二酚、对羟基苯甲醚等。

（二）可见光固化型窝沟封闭剂的组成

可见光固化型窝沟封闭剂一般为单一组分，使用时，取少量胶液涂布于牙面上，经可见光固化器照射一定时间（约20～40秒）即可固化成膜（表14-14-2）。

表14-14-2　可见光固化型窝沟封闭剂的组成

成　分	含量（wt%）
树脂基质，如Bis-GMA	30～50
稀释剂，如TEGDMA	70～50
颜料，如钛白粉	少量
气相 SiO_2	少量
光敏剂，如樟脑醌	微量
光敏促进剂，如DMAEMA	微量
阻聚剂	微量

可见光固化型窝沟封闭的组成，在树脂基质、稀释剂、颜料、阻聚剂等方面，与自凝型基本相同，只是引发体系不同，它采用光敏引发体系，该体系由光敏剂与光敏促进剂组成。常用的光敏剂有樟脑醌、二苯甲酮等，常用光敏促进剂为甲基丙烯酸二甲氨基乙酯（DMAEMA）。在光敏促进剂的存在下，光敏剂经一定波长的光线照射，通过光化学反应产生自由基，进而引发树脂基质和稀释剂交联固化。

二、性　　能

（一）固化时间

自凝固化型窝沟封闭剂的固化时间一般为3～5分钟。如果封闭剂固化太快，封闭剂在调和后，粘度增大速度较快，封闭剂还未很好在窝沟、点隙处浸润、渗透就已结固，封闭效果自然就很差。另一方面，窝沟封闭剂主要用于儿童，若固化时间太长，受涂儿童不能长时间张口，而且唾液的大量分泌也会污染尚未固化的封闭剂，影响封闭剂的粘接效果。

自凝型窝沟封闭剂的固化时间受多种因素的影响，主要有以下几点：

1. 引发剂和促进剂的含量　增加引发剂、促进剂的含量，可加快封闭剂的固化，反之，可减慢封闭剂的固化。若固定引发剂的用量，在一定范围内增加促进剂的含量，也会加快封闭剂的固化，反之，会减慢封闭剂的固化，这一点对临床应用有一定的指导意义。在使用自凝型封闭剂时，若因气温等的影响，封闭剂固化过快或过慢，这时，可通过少加或多加催化液体来减慢或加快封闭剂的固化，以适应操作。

2. 气温 气温对封闭剂的固化时间有明显的影响。一般气温低，封闭剂固化减慢，气温高，封闭剂固化加快。

光固化型窝沟封闭剂具有无限的工作时间，也就是说，不用固化灯照射，封闭剂就不会固化，封闭剂在固化前具有充裕的时间在窝沟、点隙处浸润、渗透，一经固化灯照射，就会快速固化。

(二) 粘度

窝沟封闭剂的粘度对其在牙面窝沟、点隙处浸润、渗透、就位都有重要的影响。封闭剂在窝沟点隙处的渗透与其在毛细管里的渗透相似，与窝沟点隙的形态有关。若窝沟点隙呈V字形，则容易浸润渗透；若窝沟点隙呈口小里大，则不易浸润、渗透。因此，窝洞封闭剂应有适当的粘度，粘度应在0.5～2.5Pa·S范围内，粘度太小，流动性就会太大，涂布时，封闭剂会流的到处都是，而且固化时体积收缩大，固化后强度也不高；粘度太大，流动性差，涂布时，封闭剂不易浸润渗透入窝沟、点隙内。

(三) 对牙釉质的粘接强度

窝沟封闭剂对牙釉质的粘接强度明显影响封闭剂在牙齿上的保留时间。由于酸蚀技术的引入，目前，窝沟封闭剂对牙釉质有良好的粘接强度。牙齿表面经30%～50%磷酸水溶液酸蚀处理后，产生轻度脱钙，呈现多孔蜂窝状结构。窝沟封闭剂渗入其中，固化后形成大量的树脂突。这些树脂突与牙釉质表面形成机械嵌合作用，增加了封闭剂的固位力，提高了粘接强度。

(四) 涂膜保留时间

涂膜保留时间是临床上观察、评价一种窝沟封闭剂性能优劣的重要指标，它也是窝沟封闭剂各项性能的综合表现。窝沟封闭剂涂膜保留时间主要受其耐磨性、粘接性能、压缩强度、硬度等影响。临床上常用封闭剂涂膜一年、二年或三年的保留率来描述涂膜保留时间。目前，性能较好的窝沟封闭剂的三年涂膜保留率可达80%以上。

三、临床应用

(一) 适用范围

1. 用于磨牙、双尖牙船面及下前牙舌面的窝沟、点隙、裂缝等的封闭，阻断口腔内细菌、食物的浸入和滞留，从而达到预防龋病的目的。

2. 用于窝沟、点隙处可疑龋、初期龋的封闭治疗，因为封闭剂的屏障作用可阻断窝沟内细菌的营养来源，同时，酸蚀牙齿可杀灭部分细菌。

3. 窝沟封闭剂还可做为洞衬剂使用，涂布于将要充填的窝洞壁上，封闭牙本质小管，减少对牙髓的刺激。

(二) 使用方法简介

1. 牙面的清洁 用装有杯状刷的手机，蘸上粉和水，清洁牙面窝沟、点隙处。

2. 酸处理 用20%～50%的磷酸溶液酸蚀牙面1分钟左右，然后用水冲洗，热风吹干，并相应隔湿手术区域，若有条件的话，最好使用橡皮障隔湿。

3. 涂布封闭剂，并使其固化 用小刷或探针取少量封闭剂涂布于窝沟点隙处，并用探针探入窝沟点隙内，稍作上下运动，以促使封闭剂在窝沟内浸润渗透，排出可能存在气泡。封闭剂不可涂得太多，以免增高咬合。对于自凝固化型任其在口腔内自行固化；对于光固化型需用光固化器照射20～40秒，以使其固化。

4. 调船 涂窝沟封闭剂后，容易出现咬合过高，常需要调船。

（管利民 赵信义）

第十五章　义齿软衬材料及颌面缺损修复材料

第一节　义齿软衬材料

义齿软衬材料是一类应用于义齿基托组织面的，固化后具有一定柔软弹性的义齿衬垫材料。它可以缓冲冲击性咬合力、避免局部压力过大，减轻或消除压痛，并可提高义齿基托与牙槽嵴的密合性，改善义齿的固位。目前市售的弹性义齿衬垫材料主要有丙烯酸酯类软塑料和硅橡胶两类。

一、丙烯酸酯类义齿软衬材料

(一) 组成

有热固型和自凝型两种，一般由粉、液两部分组成。

1. 粉剂　主要含有聚甲基丙烯酸乙酯（PEMA）或甲基丙烯酸乙酯与甲基丙烯酸丙酯或丁酯的共聚粉和颜料。自凝型还含有引发剂 BPO。

2. 液剂　主要含有甲基丙烯酸丁酯、增塑剂水杨酸苄酯或邻苯二甲酸二丁酯、乙醇。自凝型还含有促进剂（如二羟乙基对甲苯胺）。增塑剂能使材料更柔软，乙醇能加快增塑剂向粉剂颗粒内渗透、缩短固化时间。

(二) 用法

热固型材料使用时，按厂商推荐的比例调和粉与液，待其进入面团期，采用间接衬垫法对义齿进行加衬，其水浴热处理程序是：72℃保持 30 分钟，然后升温至 100℃保持 30～60 分钟即可。对于自凝型，则采用口腔内直接衬垫法进行应用。

(三) 性能

丙烯酸酯类软衬材料与基托树脂属同类聚合物，在粘接界面容易形成互溶，因此能与 PMMA 基托形成较良好的结合。此类软衬材料一般都含有低分子量的增塑剂，当材料浸入水或唾液中时，其中的增塑剂就会慢慢地从材料中析出，结果，一方面导致材料逐渐失去柔软弹性而变硬，另一方面，析出的增塑剂可能会对人体造成危害。

丙烯酸酯类软衬材料固化后的初始硬度与粉、液比有关，提高粉、液比，硬度就会增加，降低粉、液比，硬度也随之下降，当然，这种变化仅局限于一定范围。

二、硅橡胶类义齿软衬材料

根据固化（硫化）方式，可分为热固化型和室温固化型两种类型。

(一) 组成

1. 热固化型由甲基乙烯基硅橡胶、补强填料气相 SiO_2、柔软剂、颜料、引发剂（BPO）组成，经混炼成面团状可塑物。

2. 室温固化型可分为双组份和单组份两种，双组份又可分为缩合型和加成型两种它们在组成上与硅橡胶印模材料很相似。

缩合型产品由基质糊剂和催化糊剂两部分组成。基质糊剂主要是端羟基聚二甲基硅氧烷和补强填料（如气相 SiO_2），催化糊剂主要含有正硅酸乙酯和辛酸亚锡。

加成型产品由基质糊剂和催化糊剂两部分组成。基质糊剂主要是乙烯基封端的聚二甲基硅氧烷、含氢硅油和补强填料，催化糊剂主要含有乙烯基封端的聚二甲基硅氧烷、乙烯基硅氧烷铂络合物和补强填料，使用时两组份等量配合。

单组份产品由基础胶料（端羟基聚二甲基硅氧烷）、交联剂（甲基三乙酰氧基硅烷）、催化剂（辛酸亚锡）和补强填料组成，混练成膏状物，装入隔离空气湿气的密封容器（如牙膏管），使用时从密闭容器中挤出，接触大气中的湿气而进行交联固（硫）化，反应过程中有小分子醋酸释放。

(二) 性能

热固化型硅橡胶义齿软衬材料的强度、耐老化性能较好，但它与基托塑料的粘接性较差，需要用专门的粘接剂或底涂剂，而且表面不易打磨抛光、容易附着细菌，特别是真菌。在基托粘接面预涂硅烷耦联剂（如 KH-570）可提高软衬材料与基托的

结合强度。

缩合型硅橡胶义齿软衬材料使用方便，可在口腔内固化，但是，这种材料机械强度低，耐老化性能差，很难与基托形成良好粘接，需用专门的粘接剂，而且在固化过程中有小分子析出，形态稳定性差。

加成型硅橡胶义齿软衬材料的优点是，在固化过程中无小分子析出，形态稳定性好。这种材料也很难与基托形成良好粘接，需用专门的粘接剂，其机械强度较热固化型硅橡胶差。由于采用有机铂作催化剂，而有机铂容易受硫化物、含氮化合物，含磷化合物的影响，降低乃至失去其活性，使材料不能固（硫）化，这一点在应用中应特别注意。

单组份硅橡胶义齿衬垫材料使用时不需调和，在口腔内直接固化，与基托塑料能形成较牢固的粘接。但是，这种材料的固化主要依赖于空气中的水分向其中的渗透，固化速度较慢，一般表面先固化，然后逐渐向深处进行，衬垫较厚处固化更慢。

（三）用法

热固化型硅橡胶义齿软衬材料采用间接衬垫法衬垫，常规水浴热处理固（硫）化，温度及时间因不同产品而不同，应按照说明书推荐的方法进行。室温固化型材料一般采用口腔内直接衬垫法进行衬垫。

第二节 颌面缺损修复材料

颌面缺损修复材料是用于采用口腔修复的原理和方法来修复颌面软硬组织缺损和畸形的材料。目前应用的颌面缺损修复材料有硬质和柔质两类，前者主要有聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA），后者有丙烯酸酯类软塑料、热固（硫）化硅橡胶和双组份室温固（硫）化硅橡胶。

聚甲基丙烯酸甲酯材料在组成上与基托树脂相同，可以是加热固化也可以是室温化学固化，颜色接近肉色，主要用于制做义耳、义眼、义鼻等，或做为缺损修复体的框架材料。这种材料制做的修复体质硬，缺乏皮肤软组织所具有的柔软弹性，仿真性较差。

丙烯酸酯类软塑料的组成与相应的义齿软衬材料基本相同，这类材料做为颌面缺损修复材料使用，但存在着增塑剂析出而变硬的问题。

硅橡胶类材料的组成及使用方法与相应的弹性义齿衬垫材料基本相同。硅橡胶类材料是目前综合性能较好的颌面缺损修复材料，也是最常用的材料。特别是室温硫（固）化型材料，操作简便，调色容易，而且可以复层上色，仿真性好。硅橡胶类材料也存在着长期日晒变色、难打磨、不能抛光、在口腔环境中易滋生真菌等问题。

（赵信义）

第十六章 根管充填材料

根管充填材料是用于根管治疗术充填根管、消除死腔的材料。

理想的根管充填材料应具备以下性能：①不刺激根尖周组织；②在凝固过程中体积不收缩，凝固后与根管壁无间隙；③具有X线阻射性，便于检查是否充填完满；④操作简便，能以简单方法即可将根管充填完满，必要时能从根管中取出；⑤能长期保存在根管中而不被吸收；⑥不使牙体变色。

目前临床所用根管充填材料分为固体类、糊剂类和液体类三类。

第一节 固体类根管充填材料

固体类根管充填材料主要有牙胶尖、银尖、钴铬合金丝和塑料尖，这一类根管充填材料不能严密地充填根管，只能作为辅助充填材料与糊剂类根管充填材料配合使用。

一、牙 胶 尖

1. 组成 牙胶10%～20%，氧化锌61%～75%，蜡和松香1%～4%、硫酸钡10%。

2. 性能 牙胶尖有一定的压缩性（体积的3%～6%），可填压较紧，但压力去除后会逐渐恢复。牙胶尖加热时能软化，同时体积随温度增加而增大。牙胶尖具有一定的组织亲和性和X线阻射性，还具有必要时易取出的优点。

二、银 尖

1. 组成 银99.8%～99.9%，镍0.04%～0.15%，铜0.02%～0.08%。

2. 性能 银尖具有较高的机械性能，其努氏硬度为112，拉伸强度为307～450MPa。银尖具有一定的杀菌、抑菌作用和X线阻射性能，可用于弯曲的根管。银尖的耐腐蚀性较差。

三、塑 料 尖

1. 组成 聚丙烯或聚苯乙烯。

2. 性能 塑料尖有弹性，易于应用，组织亲和性好，但X线透射。

第二节 糊剂类根管充填材料

糊剂类根管充填材料种类很多，大多是由粉与液调拌而成糊状，充填后可硬化，例如氧化锌丁香油根管充填材料、根管糊剂、氢氧化钙糊剂、碘仿糊剂、氧化锌丁香油水门汀、聚羧酸锌水门汀等。

一、氧化锌丁香油根管充填材料

（一）组成

Rickert配方：粉：氧化锌41.2g，沉淀银30.0g，白松香16.0g，碘化麝香草酚12.8g。

液：丁香油78g，加拿大香脂22g。

Grorrman配方：粉：氧化锌42g，氢化松香27g，次碳酸15g，硫酸钡15g，无水硼酸钠1g。

液：丁香油。

（二）性能

Rickert配方在口腔内凝固时间大约为20分钟，流动性为0.51mm/s。Grorrman配方在口腔内凝固时间较长，达1.5小时，流动性为0.36mm/s。

二、根 管 糊 剂

（一）组成

配方较多，典型配方如下：

粉：麝香草酚1g，氧化锌2g

液：福尔马林1ml、三甲酚3ml，甘油1ml。

（二）性能

粉液调和24小时后逐渐凝固，有持续的消毒作用，并能促进尖周的愈合。超出根尖孔的可在2周内逐渐吸收，但超出过多时有刺激性。使用时常加用牙胶尖或银尖。

三、氢氧化钙糊剂

（一）组成

种类较多，应用较广是Calvital糊剂，配方如

下：

粉：氢氧化钙 78.5g，碘仿 20g，抑菌药物 1.5g。

液：丙二醇 0.5ml，蒸馏水 99ml，丁卡因 0.5ml.

（二）性能

具有较强的抗菌、抑菌作用，具有 X 射线阻射性，并具有促进根尖钙化，封闭根尖孔作用。

第三节 液体根管充填材料

液体根管充填材料主要是 FR 酚醛树脂。

一、组 成

FR 酚醛树脂为 3 组份液体，充填时将 3 种液体按一定比例混合使用。

Ⅰ液：甲醛（40%）62ml，甲苯酚 12ml，酒精（95%）6ml。

Ⅱ液：间苯二酚 45g，蒸馏水 55ml。

Ⅲ液：氢氧化钠 1g，蒸馏水 122ml。

用时取Ⅰ、Ⅱ液各 0.5ml、加入Ⅲ液 0.12ml（或用滴管以Ⅰ液 2 滴，Ⅱ滴 5 滴、Ⅲ液 2 滴，放入注射器或塑料制小瓶盖中，搅拌至发热并呈红棕色时即可使用。

二、性 能

FR 酚醛树脂的主要成分是间苯二酚和甲醛，它们在强碱性条件下能快速聚合成酚醛树脂。在聚合前能很好地充填根管，聚合后能将根管内残留的病原刺激物包埋固定，使其成为无害物质。

FR 酚醛树脂聚合前流动性大、渗透性好，并具有很强的抑菌作用，聚合后对尖周组织刺激性较小。但是，FR 酚醛树脂为红棕色，能渗透到牙本质小管中，使牙本质变色，因此，不宜用于前牙，以免影响美观。

（赵信义）

第十七章 银汞合金

第一节 银汞合金

银汞合金是一种历史悠久的口腔充填修复材料，也是一种特殊的合金。其组成中的汞在室温时为液体状态，它能与固体状态的金属粉末成分经调和后形成合金。这种合金化的过程称为汞齐化。

早在11世纪，我国就有采用银膏补牙的记载。这种银膏的成分与现在应用的银汞合金基本相似。1805年，Travear等将银粉混在汞中制成银汞合金。10年后，Tomes注意到它的膨胀。1895年，Black GV对银汞合金作了很多研究，调整了各组成的含量，将银含量增至68%。其他成分除锡、铜外，增加了少量的锌和金，并对调制和使用方式的影响进行了系统研究，指出这些因素对合金性能有着很大影响，从而形成了现代银汞合金的雏形。1929年美国制订了银汞合金的规格，并在ADA No.1中规定了银汞合金中至少应含65%的银和29%的锡。所有合金都含铜，但要少于6%，因此又称之为低铜银汞合金。至1970年，许多银汞合金中含有6%～30%的铜，由此发展成高铜银汞合金。于是在1977年将ADA No.1的组成范围改变成允许含更多的铜。我国的国家标准GB9935-88中规定银合金粉金属元素含量为：Ag≥40%、Sn≤32%、Cu≤30%、Zn≤2%、Hg≤3%和其他非贵金属总含量不超过0.1%。

传统的银合金粉是按比例配料后，在无氧高温条件下熔化，浇注成锭，再用机械切削粉碎成微细粉末，因此在显微镜下观察为片状不规则形。如将银合金粉的配料在真空条件下熔化并雾化成形，则在显微镜下观察为圆球形颗粒，又称球形银合金粉。由于球形粉末比不规则形粉末的表面积小，在调和时所需汞量也少，因此提高了银汞合金的强度。另外在包装方面使用胶囊包装取代传统的瓶装，即在胶囊中将一定量的汞与银合金粉分别装于胶囊隔膜两侧，在银汞合金调和时通过震荡使两者混合完成汞齐化。这样既减少了汞的污染又节约了原材料，并提高了银汞合金的性能。

一、组　成

（一）银合金粉

1. 低铜银合金粉　低铜银汞合金也称银锡系合金。根据1977年修订的ADA No.1标准配比如表14-17-1，表中所列为质量比含量。表中各组成的作用大致如下：

表14-17-1　银锡合金组成

金属元素	含量（ω_t%）	范围（%）
Ag	65（最小量）	67～74
Sn	29（最大量）	25～27
Cu	6（最大量）	0～6
Zn	2（最大量）	0～2
Hg	3（最大量）	

（1）银是构成银汞合金的主要成分，可增加强度，降低流动性，并有一定膨胀，因而有利于与洞壁的密合。

（2）锡和汞有较大亲和力，可与银形成银锡合金使之便于汞合，可增加银汞合金的可塑性，是银汞合金的必需成分。但却降低了强度和耐腐蚀性、增加形变和体积收缩。金相学研究表明，它和汞所形成的锡汞相是银汞合金中最弱的相。因此，锡的含量必须在保证汞合反应能正常进行的情况下，予以严格控制，最低不少于25%，而最高不超过27%。

（3）铜可取代一部分银，可改善银锡合金脆性，使之能均匀粉碎。但铜的这种取代量应严格限制在6%以内。

（4）锌的作用有两方面：其一，可减少银汞合金脆性而增加可塑性；其二，可在合金冶炼过程中起净化作用与氧结合而将其他金属的氧化物减少至最低限度。ADA No.1中规定，如含锌量<0.01%，则称为无锌银汞合金，超过0.01%，则称为含锌银汞合金。

低铜银合金粉按其粉化方式和颗粒形状又分为屑型合金和球形合金两类。

2. 高铜银合金粉 低铜合金在汞齐化过程中易产生锡汞相（即 γ_2 相），而它又是导致低铜银汞合金性能弱点的最主要原因。为了消除银汞合金中的 γ_2 相，最彻底的方法是使合金中不含锡，使锡汞相无从产生，但由于银必须借助锡才能与汞起汞合反应，合金中又必须有一定量的锡，以保证汞合反应的正常进行，因此，锡汞相只能通过其他方式消除。可在银合金粉中加入价廉易得的铜，可达到减少或消除 γ_2 相的目的。

（1）混合型银合金粉：1963 年 Innes 和 Youdelis 在不改变合金制作工艺的前提下，将银-铜球形共晶合金（银 71.9%，铜 28.1%）掺入到低铜屑型合金中，然后与汞作用，结果成功地消除了 γ_2 相。并发现这类合金的强度比普通低铜银汞合金的强度更大。研究者曾一度称之为弥散强化的银汞合金。近年来，将大量超微颗粒（在 1μm 左右）分散在整个金属中，作为一种高强度填料，因此称之为混合型合金。这种合金具有更高的边缘抗折力。

混合型银合金粉通常含有 30%～55% 质量比的球形高铜银合金粉。铜的含量接近 9%～20% 质量比。银铜合金有两相组成，即银相和铜相，纯银和纯铜各自有结晶的结构。少量铜分散在银相中，雾化粉（快冷）共晶两相混合形成非常细的薄片。

（2）单组分银合金粉：这些合金的每个合金颗粒均具有相同的化学组成，主要为银、锡、铜所组成的三元合金。其组成为银 60%，锡 27%，铜 13%。新近产品中的铜含量已在 30% 左右。根据颗粒形状的不同而有屑型和球型两种形式，在性能上基本相似，均无 γ_2 相。

单组份合金中的相包括 β 相 Ag-Sn，γ 相 Ag-Sn 和 ε 相 Cu-Sn（Cu_3Sn），某些合金含有 Cu_6Sn_5 和铜锡系的 η 相。雾化颗粒有树枝状微细结构，其中树枝状晶是小于 50μm 厚的单相薄片。

很多经加工的银合金粉与汞调和时，能极为迅速地合金化。但当制造完成后，经过较长时间贮存则合金化延迟，这种现象称为陈化。陈化是由于粉末粒子内的挠曲现象所致。由于临床上要求能尽快合金化，为了避免保存中的这种变化，可进行人工陈化。通常在 70～100℃ 经 1 小时～5 天进行加热，以消除某种程度的挠曲，可改善性能。

（二）汞

汞，易流动的银白色液态金属，常称为水银，内聚力很强。熔点 -38.87℃，沸点 356.58℃，蒸气剧毒，在空气中稳定。

汞是制成银汞合金的主要成分，要求纯度高，如混入不纯物或贮藏期间表面氧化，均不应使用。在使用过程中，汞与银合金粉的配比必须精确，一般以 1:1 为标准。

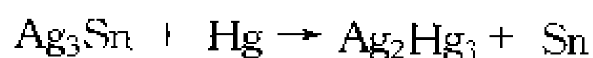
二、固化反应

汞与银合金粉的调和，过去是以专用的研钵和研棒进行研磨调和，现已被银汞合金调和器替代。通常大颗粒的粉汞质量比为 5:8，小颗粒的粉汞质量比为 1:1。如采用胶囊包装，因为胶囊中的银合金粉和汞量已配比好只需置于银汞调和器中进行电动调和。

（一）低铜银汞合金的固化反应

银合金粉主要是 Ag_3Sn。目前多数商品合金中，银锡合金成分均在 γ 区限度内，因此称为 γ 相。

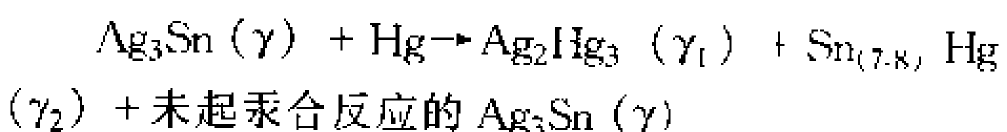
当粉末与汞接触时，Ag_3Sn 吸收汞形成 Ag_2Hg_3，称为 γ_1 相，反应式为：


$Ag_3Sn + Hg \rightarrow Ag_2Hg_3 + Sn$

这种反应能很快使 Sn 与 Hg 形成六方格子化合物 Sn_7Hg，称为 γ_2 相。反应式为：


$Sn + Hg \rightarrow Sn_7Hg$

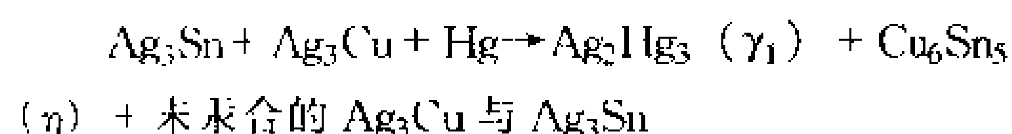
随着 γ_1 相和 γ_2 相的不断形成，Ag_3Sn 颗粒完全被 γ_1 和 γ_2 相覆盖，由于合金粉与汞的调和比约为 1:1，汞量不足以完全消耗合金颗粒，因此，在汞合反应完成后，银汞合金颗粒的核心部还有未被消耗的 Ag_3Sn 颗粒遗留。这样就形成一种以未起汞合反应的 Ag_3Sn（γ 相）颗粒为核心，外面包绕以 γ_1 和 γ_2 相所成基质的复合物，并通过基质间的相互粘合、结固而形成银汞合金团块。反应式如下：


$Ag_3Sn\ (\gamma) + Hg \rightarrow Ag_2Hg_3\ (\gamma_1) + Sn_{(7-8)}Hg\ (\gamma_2)$ + 未起汞合反应的 Ag_3Sn（γ）

（二）高铜银汞合金的固化反应

1. 混合型高铜银汞合金 汞与混合型高铜合金作用后，形成铜锡相，其中主要为 Cu_6Sn_5（η 相），少量的为 Cu_3Sn，亦称 ε 相。η 相在银铜合金颗粒表层也会有 γ_1 相结晶。γ_1 是基质的主要组成相，既包绕在未汞合的 γ 外层，也围绕在为 η 相与

ε 相所覆盖的银铜合金颗粒外围。反应式如下：

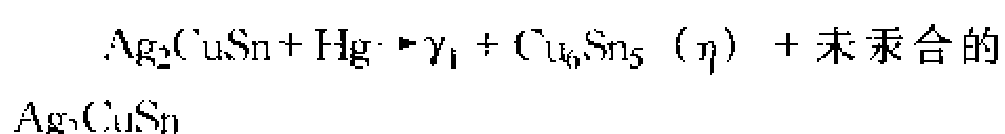


$Ag_3Sn + Ag_3Cu + Hg \rightarrow Ag_2Hg_3\ (\gamma_1) + Cu_6Sn_5\ (\eta)$ + 未汞合的 Ag_3Cu 与 Ag_3Sn

γ_2 相在此反应中已被消除。虽然某些银汞合金含有 γ_2 相，但它的百分率低于低铜银汞合金。

2. 单组分高铜银汞合金　单组分高铜合金颗粒可以含有 β 相、γ 相及 ε 相。在汞中很少或无铜溶解，所以 ε 相可以不溶解。

银和锡形成银锡相溶解在汞中。γ_1 相结晶生长形成基质、与部分溶解的颗粒结合在一起。η 相的 Cu_6Sn_5 晶粒大于混合型，在扫描电镜下可见其成棒状，或单独分散包埋在 γ_1 中，或结合成网状，覆盖于未起反应的合金颗粒外面。单组分银合金粉与汞的反应以下式表示：



$Ag_2CuSn + Hg \rightarrow \gamma_1 + Cu_6Sn_5\ (\eta)$ + 未汞合的 Ag_2CuSn

三、性　　能

（一）强度

足够强度的银汞合金可避免咀嚼中受力折断。按我国 GB9935-88 标准中规定，银汞合金在 24 小时后的压缩强度应不小于 300MPa。银汞合金的早期压缩强度应符合表中的规定（表 14-17-2）。

表 14-17-2　银汞合金早期的压缩强度

类型	常规型	快凝型	慢凝型
测定时间（min）	60	30	90
压缩强度（MPa）	≥50	≥50	≥50

一般固化的银汞合金脆而缺乏延展性，压缩强度约为 400MPa，布氏硬度为 60～70。这些性质分别与银汞合金的组成、陈化、粒度、粉汞比、调和条件和充填压力等有关。

低铜银汞合金、混合型高铜银汞合金、单组份高铜银汞合金的强度及蠕变值（表 14-17-3）。

表 14-17-3　三种银汞合金的强度与蠕变值比较

银汞合金	压缩强度（MPa）		蠕变值（%）	拉伸强度/24h（MPa）
	1h	7d		
低铜银汞合金	145	343	2.0	60
混合型高铜银汞合金	137	431	0.4	48
单组分高铜银汞合金	262	510	0.13	64

从表 14-17-3 可看出，单组份高铜银汞合金显示了最高的压缩强度和拉伸强度、蠕变值最小。

银汞合金的强度受下列因素影响：

(1) 银合金粉的成分和粒度：合金中的银、铜具有增强银汞合金强度的作用，但含量也应适度。锡含量过高也可降低银汞合金的强度。球形合金因形状规则而表面光滑，颗粒间空隙少而小，所成银汞合金的孔隙率低，加之粒度细，强度的增强较快，表现为早期压缩强度较高。银合金粉一般为 200 目，但近年来向微细化发展。合金粉的粒度并非同样大小，而是较粗和较细颗粒的适当混合。

(2) 粉汞调和比：低铜银汞合金中，当汞含量在 53%以内时，对强度的影响不大，而汞含量超过 55%时，强度则随含汞量的增加而下降。至 58%时低达 125MPa。所以必须在保证汞合反应能正常进行的情况下尽量控制汞含量，尤其是低铜合金。

(3) 调和条件：在其他条件相同的情况下，粉汞比为 1:1 质量比调和时，由于操作方法不同，强度也不一样。实验表明，当银汞合金用银汞调和器调和后，再以手加压充填可获得较高的压缩强度。

(4) 充填压力大小：充填压力大，则压缩强度高。主要是因为压力可使多余的汞挤出，并使银汞合金结构更为紧密，孔隙率降低，因此提高了强度。

银汞合金固化后，其强度经时而变化，约经过 5 天才基本达到平衡，24 小时后接近最高值。所以一般嘱患者在 24 小时后才能承担咀嚼。

（二）尺寸变化

当汞被吸收入合金颗粒间空隙，合金颗粒溶于汞时，可有体积收缩；随着基质晶粒的形成和增长，彼此间有相互撞击所形成的向外压力而产生膨胀，最后由于剩余汞的吸收而存在有限收缩。

银汞合金的膨胀与收缩，有赖于它的组成与操作工艺。理想的尺寸变化应该很小，如果收缩过大，则可导致微漏和继发性龋，而过度膨胀又可对牙髓产生压力，形成修复体的悬突。我国国家标准 GB9935-88 规定银汞合金在 24 小时后的尺寸变化范围为 −0.1%～+0.20%。

银汞合金固化时，希望有少量膨胀。球形银汞合金多数显示收缩，而片状的显示膨胀，其尺寸变化受到各种条件的影响。一般来说，银汞合金在调和后 30 分钟显示收缩，24 小时后产生约 0.05%～

0.1%的膨胀，其尺寸变化与下列因素有关。

(1) 调和时间：调和时间长可减少膨胀。

(2) 充填压力：大而均匀的充填压力使体积变化小，如充填压力小则膨胀明显增大。

(3) 粒度大小：粒度细则膨胀小；有时收缩，由于微细银汞合金粉末的表面积大，与汞反应快，因此 Ag_3Sn 与汞溶解，快速产生初期收缩，故调和的时间应短；粒度粗者，需汞量较大，体积呈膨胀趋势。

(4) 组成：锌含量对膨胀有很大影响。当锌含量在0.5%时没有变化，若大于1%，则膨胀明显增加。铜含量在2%时，膨胀较少，而在3%～7%时则膨胀变大。汞量的多少对膨胀的影响为汞多则迟缓膨胀较大。因汞多时，表面有多量结晶析出物，这种析出物以锡为主要成分。

(5) 污染与迟缓膨胀　主要指调制和（或）充填过程中由潮湿所致的迟缓膨胀。这种情况见于含锌合金。一般银汞合金在凝固24小时后体积基本稳定。如有迟缓膨胀，多发生在3～5天后，可延续数月，严重者可达4%。其原因是调和时混入的水分（如唾液、手汗）等成为电解质或锌与银汞合金中的阳极元素之间产生电解，生成氢气所致。临床在充填银汞合金时，必须严格隔湿。

（三）蠕变

金属与合金承受小负荷而产生缓慢的塑性形变的现象称为蠕变。现已证实，银汞合金修复体失败原因中，最常见的边缘缺陷与蠕变有密切关系。蠕变大，则强度差，尤其是低铜银汞合金。我国GB9935-88中规定银汞合金的蠕变值应不超过3.0%。蠕变与下列因素有关。

1. 银汞合金的结构　在低铜银汞合金中，γ_1 相在早期对蠕变值有影响。当充填物受力时，γ_1 晶粒在外力影响下发生塑性变形，并产生晶粒间的边界滑移，是产生蠕变的主要原因。γ_1 相的体积百分率高、结晶较大者蠕变值增加。纯的 γ_2 相比 γ_1 相的蠕变值高，主要因为 γ_2 相极大的可塑性。然而，蠕变与相的体积百分比并不呈直线比例，已证实 γ_2 相的存在与否对蠕变值有很大影响。高铜合金中因很少或无 γ_2 相，它的蠕变值小。

2. 粉汞比　汞含量增加，蠕变值变大，但对高铜银汞合金而言则影响不大。

3. 充填及调和方法　充填压力大者蠕变值小。蠕变与调和后时间的关系，在早期呈曲线状态，后期呈直线变化，又称恒定的蠕变。此外，研磨不足或过度研磨，以及研磨完成后拖延充填时间，也可使蠕变值增加。

（四）耐热性

银汞合金在充填后的耐热性较差。将固化的银汞合金加热到60～80℃，则汞游离，冷却时汞消失。因此在食用温度高的食物和饮料时，可导致汞在口腔内从银汞合金中溶出。

（五）腐蚀性

固化后的银汞合金由 γ_1、γ_2、γ 等相组成，而多相合金的腐蚀性比单相合金大。在口腔特定环境中以涎液为电解质，可导致金属与非金属物质之间，多种金属之间产生电化学反应，导致腐蚀。尤其是 γ_2 相，抗腐蚀性差，成为低铜合金修复体边缘折断的原因之一，也是产生继发性龋的诱因。γ 相和 γ_1 相不易腐蚀。银汞合金的腐蚀一般有两种表现形式。一种称失泽，主要由口腔中的细菌、食物以及硫化物、氯化物、氧化物等所造成，表现为充填体表面失去光泽、发暗或变色，但无实质缺损。另一种表现不仅表面晦暗，而且有实质性缺损，称腐蚀，临床可见有明显的小凹，或表层片状剥脱，大多由电化学腐蚀所致。口腔内变色的银汞合金经分析为 Cu_6Sn 的硫化物，它不仅使银汞合金表面变色，而且可被氧化为硫酸盐而易于溶解，造成合金腐蚀。如果在合金固化后，将其表面抛光，则可减少腐蚀和变色的可能性。

（六）可塑性

调和好的银汞合金为膏状物，表面呈银灰色，在15～20分钟内可塑性较大，可塑成任何形状。20分钟后可塑性逐渐减小，不易填满窝洞各部。此时若再加汞，虽可改善其可塑性，但银汞合金的成球性明显增加，合金难以贴合洞壁。

（七）传导性

固化后的银汞合金具有金属的特性，为热和电的良导体。其热导率远大于牙体组织，它能将冷、热和微电流传导至牙髓，刺激牙髓组织而产生疼痛。因此在对深的窝洞作银汞合金充填修复时，应先作窝洞衬层。

（八）毒性

银汞合金有一定的细胞毒性，在对溶出物进行分析时，可发现有汞、银和铜的溶出，有时还有锌的

溶出。过去曾有个别患者对银汞合金过敏的报道。

Stock 对汞中毒的描述如下：①头痛与眩晕逐渐加重，视觉混乱，视物呈双影响；②引起鼻炎、喉炎、耳痛、重听，易流口水，眼及口腔粘膜发生炎症；③内脏障碍，下痢及尿闭等；④晚期产生神经系统的障碍。

近年来，对银汞合金中加氟进行了研究，以期减少继发性龋的产生。迄今加入的氟化物有氟化钙、氟化钠、氟化胺、氟化亚锡等。一般认为含氟银汞合金修复体有抑制继发性龋的发生及促进釉质再矿化的作用。含氟银汞合金尤其适用于乳牙，因乳牙对压缩强度及耐久性要求较低，而继发性龋的发生率却较高，所以可考虑选用。

几种银汞合金的性能比较（表 14-17-4）

表 14-17-4 几种银汞合金性能比较

名称	银合金粉形态	银合金粉含铜量(wt%)	粉汞比	尺寸变化(%)	压缩强度(MPa)		硬度 HV100		蠕变(%)
					1 小时/37℃	2 天/37℃	1 小时/37℃	2 天/37℃	
低铜银汞合金	屑状不规则形	3	1:1.5	−0.06～+0.11	40.16	432.67	21	131	0.79
低铜银汞合金	球　形	3	1:1	−0.1	74.49	451.19	30	134	1.28
高铜银汞合金	球　形	13	1:1	−0.02	194.58	613.68	110	183	0.08
高铜银汞合金	球　形	25	1:1	−0.04	158.78	556.25	100	204	0.04
GB9935-88				−0.1%～+0.20%	≥50/1 小时	≥300/24 小时			<3.0

四、应用及注意事项

银汞合金主要用作窝洞的充填。尤其适用于后牙。在应用时要注意调和比，充填完毕注意磨光。

将银汞合金充填入制备好的窝洞时必须严格隔湿。可用橡皮障、吸水器及棉球纱托隔离唾液。不要用手接触银汞合金调和物，应用银汞合金输送器将其输入窝洞内，然后用银汞合金充填器加压充填，也可用器械充填器，使之产生振动加压，但必需具有合适的振幅和振动频率。充填时的有效果压力应大些，这样对机械性能及抗腐性均有利。操作时必须避免气泡产生。充填后 3～5 分钟即可雕刻成形，应在 20 分钟内完成塑形。

调制银汞合金时先要配好汞和合金粉的比例，一般按质量计为 8:5，细粒度的球形和高铜型银汞合金，汞量可更少些，一般为 1:1 的汞粉比例。现在大多数银汞合金产品已制成胶囊形状，胶囊中间有隔膜，两侧封装预先称量好的银合金粉和汞，在调和器中调和即可发生汞齐化，既可减少污染，又能方便使用。

五、汞的污染与防护

汞对人体是有危害的。空气中汞的允许含量为 20～100μm/m³。汞的污染，对患者来说，主要是通过消化道而受到影响，对医务人员来说，则主要是通过汞的蒸气从呼吸道或通过皮肤直接接触而受到影响。此外，从口腔内消除的银汞合金残渣或压出的汞，被排入下水道，可使附近的水源受到污染。

临床在应用银汞合金时应注意防护，如汞应保存在不会破损的密闭容器中，并远离热源，最好采用胶囊包装；调拌最好在密闭的调拌箱内进行；不要用手直接接触汞；应保持诊疗室内通风良好；地面、墙壁保持光洁，如有可能的话可涂防汞涂料；从口腔内清除的银汞合金碎屑应保存在有水的容器中集中回收处理；决不可对银汞合金或汞加热；对医务人员进行体内汞蓄积量的定期测定。

第二节 镓 合 金

由于银汞合金中的汞有毒性，如何开发出性能优良而无汞害的合金显得尤为重要。目前最有希望取代汞合金的是镓合金充填材料。

镓是软性、青白色的金属，熔点为 29.78℃，沸点为 2237℃，室温下为液态，不易挥发为气体，它可与其他金属形成熔点更低的合金，如镓锡共晶合金熔点为 20.16℃，镓铟合金熔点为 15.7℃，镓锌合金为 25℃，这些合金在室温下均为液态，它们可与其他固态金属或合金直接形成新合金。此外，镓无毒，有固化膨胀的特点，易于湿润其他物质表面（包括牙齿组织），从而增进密合度。镓的

密度为5.9g/cm³，其性质与铝相似，一般以胶囊型包装，使用方便。

镓合金为粉型，其化学组成为银、铝、铜、钯等，液剂的化学组成为镓、铟、铝等，它有以下性能：

（1）固化膨胀：从调和开始膨胀，到24小时后膨胀为16μm/cm。

（2）固化特性：调和后1小时，约为24小时后的70%，2小时的HV为100，可当天研磨。

（3）压缩强度：在调和的1小时，约为7天后的90%以上的压缩强度。1小时为343MPa，7天为383MPa。

（4）蠕变：0.15%

（5）拉伸强度：调和1小时，约为7天后70%以上的强度。1小时为39MPa，7天为57MPa。

（6）变色试验：与高铜合金比，色差约为1/2，不易变色。

镓合金与银汞合金的特性比较见表14-17-5

表14-17-5 镓合金与银汞合金特性比较

	压缩强度（MPa）调和1小时后	拉伸强度（MPa）调和1小时后	尺寸变化（%）	蠕变（%）	固化时间（分钟）
镓合金	343	39	±16	0.15	8
银汞合金	295	7	0	0.11	8
ADA规格	80以上	–	20～-10	–	

使用时应注意：镓合金的调和时间短，固化慢；调和时间长，则固化快。调和后应快速充填，因为它比银汞合金固化快。但镓合金在口腔中的耐腐蚀性不及银汞合金，目前尚在开发中。

（徐东选）

第十八章 锻造合金

锻造合金是通过轧、压、冲、滚、拉伸和锤击等机械加工方法成型的合金。合金在锻造过程中，产生塑性变形，成为所需的成品、半成品和便于进一步加工的原材料，同时合金内部结构和性能也产生变化。一般来说，锻造合金此时会发生应变硬化，材料的硬度、弹性、强度和磁性会增加，延展性及抗腐蚀性降低，需要进行热处理使原子重新排列而再结晶得以回复。热处理的工艺很多，可根据材料的组成、性质和应用要求进行。主要有软化热处理、硬化热处理和消除应力热处理等。

锻造合金是最早应用于口腔临床的金属材料。现在应用的锻造合金主要有合金丝（口腔修复体的卡环、正畸用弓丝和结扎丝等）、杆（舌杆和腭杆等）、片（不锈钢片、镍铬合金片等）以及冠套等。

第一节 锻造18-8铬镍不锈钢

锻造18-8铬镍不锈钢合金主要有丝、杆、片和冠套等不同形态，临床上可根据需要选择应用。

一、组 成

锻造18-8铬镍不锈钢制成口腔用不锈钢丝的组成成分见表14-18-1。

表14-18-1 几种口腔用锻造铬镍不锈钢丝的组成成分（wt%）

种 类	碳	铬	镍	硅	锰	钼	硫	磷	铁
YGH-1不锈钢丝	0.19～0.24	19～21	9～11	0.2～1.8	0.8～2.2	1.5～1.8	<0.02	<0.02	余量
矫正用不锈钢丝	<0.15	17～19	8～10	<1.0	<1.5	0.2～0.5	<0.03	<0.03	余量

碳在不锈钢中是不可缺少的重要元素，其主要作用是增加合金的硬度和强度、降低韧性。碳在钢中的含量虽不多，但它的含量多少却对钢的机械强度及硬度有很大影响。一般来说，含碳量高，强度和硬度增加，韧性降低。当含碳量低于1.7%时称为钢，高于1.7%时则为铸铁。

铬能明显改善钢的抗氧化作用，提高钢的抗腐蚀性能，并能增加合金的硬度和强度，是不锈钢中的主要元素（含铬量在12%以上的钢称为不锈钢）。

镍也是提高钢的抗腐蚀性的重要元素，它还能增加合金的强度、韧性和延展性。硅能除去合金中的氧化物，并能增加钢的氧化膜强度，从而提高抗腐蚀性能。铁为溶剂元素。

二、性 能

18-8铬镍不锈钢具有良好的生物安全性和机械性能，其化学性能稳定，抗腐蚀性能良好。

1. 生物学性能 铬镍不锈钢对组织、细胞无明显毒性。

2. 抗腐蚀性能 在0.5%盐酸、0.05%醋酸、1%柠檬酸、0.1%硫化钠、0.1%氢氧化钠及人工唾液介质中，在37℃环境中经7～14天，重量变化极微，色泽无改变。

3. 机械性能 口腔用铬镍不锈钢丝的拉伸强度、硬度、弹性模量和延伸率等机械性能见表14-18-2。

表14-18-2 几种口腔用铬镍不锈钢丝的机械性能

种类	拉伸强度（MPa）	硬度（HV）	弹性模量（GPa）	延伸率（%）
YGH-1不锈钢丝	1900	493～500	185～190	1～2
矫正用不锈钢丝				
高强度	1600～2000			
特高强度	2000～2500			
超高强度	2500～2900			

三、应　　用

应按临床需要选准铬镍不锈钢丝等制品的规格型号，在弯制加工时，注意用力均匀、缓慢，切忌用暴力和反复多次弯制 加工时注意防止工具造成伤痕，防止应力集中。要根据需要进行不同的热处理工艺。例如，卡环弯制后可在250℃～450℃加温30分钟，使应力释放。但温度也不能过高，以防止金属的晶间腐蚀。

第二节 锻造镍铬合金

口腔用锻造镍铬合金主要有合金片、无缝冠及正畸用锁槽等。

一、组　　成

几种口腔用锻造合金制品的组成成分见表14-18-3。

表 14-18-3 几种口腔用锻造合金制品的组成成分（wt%）

种类	镍	铬	铜	锰	硅	碳	磷	硫
软质无缝冠	>80	6～7	1.5～2.5	≤0.30	≤0.45	≤0.05	≤0.01	≤0.01
硬质无缝冠	>80	>7.2	<6.0	0.3～1.2	≤0.45	≤0.25	<0.035	<0.035
正畸用锁槽	>80	>7.2	<6.0	0.3～1.2	≤0.45	≤0.25	<0.035	<0.035
镍铬合金片	>80	>5.0	<7.0					

镍和铬元素都具有良好的抗腐蚀性，镍能使合金变软，并具有韧性，铬能增加合金的强度和硬度 铜元素能使合金增加流动性，改善焊接性能。

二、性　　能

镍铬合金具有良好的加工性、抗腐蚀性、机械性能和生物学性能，几种口腔用镍铬合金制品的机械性能见表14-18-4。

表 14-18-4 几种口腔用镍铬合金制品的机械性能

种类	拉伸强度（MPa）	硬度（HV 0.2 kg）	延伸率（%）
软质无缝冠	398～588	110～145	>35
硬质无缝冠	>398	<160	>30
锁槽	>490	>145	
白合金片（ZBC 33024 89国标）	390～590		>30

镍铬合金一般对人体无害，但个别患者会对镍产生变态反应。如在应用前作过敏试验，则更为安全。

三、应　　用

在制作锤造冠的过程中，由于产生应变硬化，致使进一步加工困难，且可能破裂，因此在冠的锤造过程中及完成后必须进行热处理 热处理的方法是在煤气灯上烧红（约900℃），然后在室温中冷却 这样可使硬度下降，但不能完全恢复到加工前状态

第三节 锻造贵金属合金丝

一、组　　成

口腔用贵金属合金丝的组成成分见表14-18-5

表 14-18-5 口腔用贵金属合金丝的组成成分（wt%）

种类	金	铂	钯	银	铜	镍	锌
ADAⅠ型	54～63	7～18	0～8	9～12	10～15	0～2	0～0.6
ADAⅡ型	60～67	0～7	0～10	8～21	10～20	0～6	0～1.7
PGP型	25～30	40～50	25～30				
PSC型	0～1	42～44	38～41	16～17			

二、性　　能

口腔用锻造贵金属合金丝具有良好的机械性能和生物学性能，其机械性能见表14-18-6。

表 14-18-6 锻造贵金属合金丝的机械性能

类型	屈服强度（MPa）炉冷	拉伸强度（MPa）炉冷	延伸率		熔化温度（℃）
			淬火（%）	炉冷（%）	
ADAⅠ型	862（最小）	931（最小）	15（最小）	4（最小）	955
ADAⅡ型	690（最小）	862（最小）	15（最小）	2（最小）	871
PGP型	552～1034	862～1241	14～15		1500～1530
PSC型	690～793	965～1070	16～24	8～15	1050～1080

三、应　　用

可用于卡环及正畸弓丝，但价格昂贵，使临床应用受到一定限制。

第四节　锻造钴铬合金丝

一、组　　成

锻造钴铬合金丝由钴（40%）、铬（20%）、镍（15%）、钼（7%）、锰（2%）、铁（16%）、碳（0.15%）及少量铍组成。

二、性　　能

它的弹性模量为 196.508～206.850 GPa，抗腐蚀性强，具有较好的焊接性能。在软化状态下，具有较好的加工性能，在 480℃ 热处理后，可得到不低于不锈钢丝的强度和弹性。

三、应　　用

主要用于正畸弓丝和卡环。

第五节　锻造钛合金丝

一、镍钛形状记忆合金丝

镍钛形状记忆合金为含镍 54%～56% 的金属化合物。在明显的塑性形变后，经过加温，可回复到它形变前原始形状。它除了有独特的形状记忆特性外，还具有质轻、强度高、弹性好、耐腐蚀及良好的生物学性能等优点。它的熔点为 1240～1310℃，线胀系数（24～900℃）为 10.4×10^{-6}/℃，拉伸强度为 574～980MPa，降伏强度为140～231MPa，弹性模量为 71.400～82.600 GPa，但加工性能和焊接性较差。主要用于正畸弓丝，利用它的高弹性且弹力柔和、持续，使牙体能在生理范围内很快移动，不需经常调节，有利于减少复诊时间及缩短疗程。

二、β-钛合金丝

β-钛合金丝是一种新型钛基合金，它的组成为钼（11%）、锆（6%）、锡（4%）及钛（余量）。它在 870℃ 以上形成体心立方晶格的 β 相合金。降伏强度为 1172.15MPa，弹性模量为 64.813 GPa。降伏强度与弹性模量的比值为 1.8×10^{-2}，高于不锈钢丝的比值（1.1×10^{-2}）这种高比值能表示材料的高回弹性，其成形性与不锈钢丝相似，是近年来发展起来的较理想的正畸弓丝材料。

钛的热胀系数和热导率低，因此具有良好的可焊接性。由于钛的活性强，高温下化学性能极为活泼，传统的气焊和手工电弧焊均不能满足焊接质量的要求。工业上钛的焊接方式很多，但应用到口腔的钛焊接则有其具体要求。目前，在口腔领域研究的钛焊接方法主要有：激光焊、钨极惰性气体氩弧焊、红外线焊和等离子焊。它们的焊接原理不同，焊接效果也各不相同。

（张彩霞）

第十九章　铸造合金

将合金加热熔化，浇铸入预先制备好的铸型内成为铸件（成品）的过程，称为铸造。由于铸造技术避免了机械冷加工所致的应变硬化等缺点，而且铸件精确，结构均匀，能复制复杂精细的铸件，已成为口腔修复领域中制作金属修复体的重要加工工艺。其方法是首先将金属修复体用蜡通过直接法（口腔内）或间接法（口腔外模型上）成型，然后包埋，失蜡浇注成金属修复体。对于铸造合金的要求，除需具备良好的机械性能、抗腐蚀性能、理化性能和生物性能外，还需具有铸造收缩率小，浇铸时流动性好、铸件易打磨抛光等性能。

铸造合金按其熔化温度范围分为三类，即高熔铸造合金（1100℃以上）、中熔铸造合金（501℃～1100℃）和低熔铸造合金（500℃以下）。按其组成合金的主量元素的价值分成贵金属和非贵金属铸造合金两类。

第一节　贵金属铸造合金

贵金属铸造合金主要有金合金、银合金、金-钯合金、银-钯合金等。现将目前临床应用较多的贵金属合金简述如下。

一、铸造金合金

铸造金合金是口腔临床应用最早的材料，由于它具有良好的机械性能、理化性能、加工性能和生物学性能。适合于口腔金属修复体的制作，但由于价格昂贵，使推广应用受到一定的限制。

（一）组成

口腔用铸造合金，根据硬度及应用不同，大致能分成4种类型。

Ⅰ型：软质金合金，适用于受力很小的修复体如嵌体。

Ⅱ型：中硬质金合金，适用于中等受力的修复体如3/4冠、嵌位体、桥体、全冠和末端游离鞍基。

Ⅲ型：硬质金合金，适用于受力较大的修复体，如薄的3/4冠、薄的铸造基托、桥体、全冠和末端游离鞍基。

Ⅳ型：超硬质金合金，适用于受力很大的修复体和薄的截面，如末端游离鞍基、杆、卡环、冠、栓道、整体铸件和部分义齿的支架。

根据ISO 1562-1984（E）规定，口腔用铸造金合金的含金量及铂族金属的量应不少于75%（Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os等属于铂族金属的元素）。

含金量的表示法有两种：一是以纯金为24K（或carat）即24/24为纯金，含金100%；而18K则为18/24，即含金75%。另一种是千分法，即以1 000/1 000为纯金；如750则为750/1 000，即含金75%。4种类型的铸造金合金组成成分见表14-19-1。

表14-19-1　口腔用铸造金合金的组成成分（wt%）

种　类	金	银	铜	钯	铂
Ⅰ型软质	83～92	6～11	6～11		
Ⅱ型中硬质	75～84	6～11	9～11	0～3	
Ⅲ型硬质	75～80	7～10	7～13	2～3	0～3
Ⅳ型超硬质	70～75	9～13	9～13	2～5	2～4

铸造金合金的主要组成是金、银、和铜。含有铜、钯、铂者可提高强度和硬度，但含铜量过高则会降低抗腐蚀性能和增加脆性。

金是金合金的主要成分。金具有黄色光泽，相对原子量为197，面心立方晶格，密度为19.21g/cm^3，熔点为1063℃，线胀系数为14.2×10^{-6}/℃，拉伸强度150MPa，伸长率为45%。

铜是铸造金合金的重要组成之一，在不含铂族元素的金合金中是提高合金强度与硬度的主要元素。铜的熔点为1 083℃，加入铜能降低金合金的熔点。铜是活泼的染色金属，使金合金变为铜红色，金合金含铜的主要缺点是降低了抗沾污性及抗腐蚀性，易产生加工老化。

银的熔点为960.5℃，它的主要作用是减少金铜合金受热处理的影响，降低铜红色使合金趋向淡

黄色。银能增加金合金的延性，当与钯存在时尤为显著。

铂和钯的熔点分别是1 755℃和1 550℃，它们主要提高金合金的机械性能，能使金合金热处理后的强度、弹性、硬度的增加更为显著。铂族元素的加入还可提高抗沾污性及抗腐蚀性，使合金变白，降低因铜存在的加工老化现象。

（二）性能

口腔用铸造金合金有良好的机械性能、化学性能、铸造性能和生物学性能。

1. 机械性能　ISO 1562-1984（E）规定铸造金合金的机械性能见表14-19-2。

表14-19-2　铸造金合金的机械性能

类型	热处理状态	硬度（HB）	拉伸强度（MPa）	伸长率（%）
Ⅰ型	软化	45～70	208～310	20～35
Ⅱ型	软化	80～90	310～380	20～35
Ⅲ型	软化	90～115	330～395	20～35
	硬化	115～165	410～565	6～20
Ⅳ型	软化	130～160	410～520	4～25
	硬化	210～235	690～830	1～6

铸造金合金的良好机械性能与热处理有关。在口腔临床，常采用的热处理方法有软化热处理和硬化热处理两种，可根据使用要求选择应用。

铸造合金的软化热处理：软化热处理可使金合金的结构均匀。热处理后延展性提高，强度和硬度降低。其方法是将金合金铸件置于700℃左右维持10分钟后，立即投入冷水中，可获得均匀的固溶体结构。

铸造合金的硬化热处理：硬化热处理可提高金合金的机械性能，降低金合金的延展性。在硬化热处理前，必须先进行软化热处理，目的在于使硬化热处理后的合金结构均匀。其处理方法有下述两种，一是在金合金的固相线下（约700℃左右）缓慢冷却，可使结构普遍转化。另一种是在425～250℃之间维持10～15分钟，使有序固体溶液CuAu超级晶格形成，再投入冷水中即可。但如果在这个温度区间维持时间过长，可形成过多的超级晶格，造成晶体滑移困难，导致合金变脆。

2. 化学性能　金合金化学性能稳定，抗腐蚀性优良，不易被氧化变色和变质。

3. 铸造性能　铸造温度为850℃～1 000℃，易加工成型，熔金流动性良好，铸造收缩较小，铸造后线收缩为1.24%～1.26%。在熔铸过程中，金合金的收缩可分为三个合金的结晶收缩。第一阶段是液相线以上的液体合金的温度收缩；第二阶段是液相线与固相线之间合金的结晶收缩；第三阶段是固相线开始的固体合金的温度降到室温的温度收缩。铸造金合金所致的铸造收缩可通过包埋料的膨胀得以补偿。

4. 生物学性能　生物学性能良好，对人体无毒，无刺激性。

（三）应用

由于铸造金合金组成及热处理的方法不同，可获得不同的机械强度和硬度，临床上可根据需要选择应用。

二、铸造银合金

口腔用银合金主要有“银-钯-金”银合金、“银-钯”银合金和无金的银合金等。

（一）组成

几种铸造“银-钯-金”合金及液相点见表14-19-3。

表14-19-3　铸造“银-钯-金”合金的组成（质量分数%）及液相点（℃）

种类	银	钯	金	铜	其他元素	液相点（℃）
A	47	20	12	18	3	930
B	50	20	12	15	3	975
C	58	20	12	10		990

银：纯银极软，富延展性，熔点961℃，在空气中不易氧化，易硫化，其耐电化学腐蚀能力仅次于金和铂。银在高温熔融状态下易吸氧，氧的溶解度高达0.32%；凝固之后氧的固溶度却明显下降，约为液态时的1/30，使银在铸造凝固后易形成气孔。因此，常在银合金中加入锌作为脱氧剂，以防止大量氧的溶入。

钯：钯具有良好的抗腐蚀性，并能提高合金的机械强度。

金：银合金中加入金可以改善银合金的抗腐蚀性。

铜：银合金中加入铜可降低合金的熔点，有利于铸造工艺，铜还能使强度进一步提高，但抗腐蚀性也相应下降。

除“银-钯-金”银合金以外，还有一种无金的

银合金，它的价格便宜，熔点低，且易于铸造。

（二）性能

铸造“银-钯-金”银合金的机械性能见表14-19-4。

表14-19-4 铸造“银-钯-金”银合金的机械性能

种类 热处理	硬度(HB) 软	硬	拉伸强度(MPa) 软	硬	延伸率(%) 软	硬
A			510	820	28	3
B	132	230	480	690	21	7

铸造银合金的软化热处理：700℃加热5分钟后，投入水中冷却；或800℃加热3～10分钟后，投入水中冷却。

铸造银合金的硬化热处理：400℃加热5～20分钟后，投入水中快冷；或450℃加热20分钟后快冷或450℃加热30分钟后缓冷到250℃。

银合金中的银元素具有细胞毒性，合金化后减弱。银与硫易形成黑色硫化银而影响美观。

（三）应用

银合金许多性能与金合金相似，价格便宜，可作为金合金的代用品。

第二节 非贵金属铸造合金

一、铸造铬镍不锈钢

铸造铬镍不锈钢属于高熔铸造合金，我国在50年代末以铸造不锈钢代替黄金修复体，应用于口腔医学领域。

不锈钢的种类及组成 根据机械性能及耐腐蚀要求，不锈钢可分成很多种类。按铸造铬镍不锈钢中含耐腐蚀元素铬的多少，大致可分成三类。第一类低铬不锈钢（马氏体不锈钢），含铬在12%～17%。主要性能是热处理后呈现马氏体结构，使钢硬化，常用于制作较高硬度和耐磨性的医疗器械，特别是刃类工具。第二类高铬不锈钢（纯铁素体不锈钢），含铬12%～27%，含碳量少，抗腐蚀性高于第一类，而硬度、强度稍低，不能硬化，多作为设备用。第三类铬镍不锈钢（奥氏体不锈钢），含铬10%～26%，含镍6%～22%，具有优良的抗腐蚀性能和富有延展性的奥氏体结构，加工后迅速硬化。其中含铬17%～19%、镍8%～12%的不锈钢又称为18-8铬镍不锈钢，口腔临床使用的铸造不锈钢多属此类，它可分为修复用的18-8铬镍不锈钢和种植用316L不锈钢两类。

（一）修复用18-8铬镍不锈钢

1. 组成 见表14-19-5。

表14-19-5 铸造18-8不锈钢的组成（wt%）

碳	铬	镍	硅	锰	钛	铁	硫	磷
0.2～0.3	17～19	8～10	2.2～2.8	0.8	0.8	余量	≤0.02	≤0.03

碳是钢中不可缺少的重要元素之一，含碳量高低与钢的机械强度及硬度的关系很大。含碳越高，强度和硬度越高，适用于活动义齿修复体的支架。但含碳量过高，生成的奥氏体容易形成碳化物而引起晶间腐蚀，从而影响抗腐蚀性能。含碳量低则奥氏体组织较好，富有延展性，适用于制作单个固定修复体。

铬和镍都具有优良的抗腐蚀性。两者结合时，铬可增加钢的强度，镍能增加钢的韧性。

硅能提高钢的铸造性能，当钢熔化时，具有去氧化、碳化和清洁的作用，此外，还能增加钢的强度、硬度和抗腐蚀性。

锰在钢中能提高钢的强度和硬度，能形成硫化锰而减轻硫的有害作用。

钛在18-8不锈钢中能防止晶间腐蚀，因为钛对碳化铬具有更大的化学亲和力，它先形成TiC，而不致使碳化铬析出。

2. 性能

（1）物理性能：18-8不锈钢的熔点为1385℃～1415℃。热导率约为188［W/（m·k）］。密度为7.75～8.0 g/cm^3。

（2）机械性能：铸造18-8不锈钢的机械性能见表14-19-6。

表14-19-6 铸造10-8不锈钢的机械性能

拉伸强度（MPa）	屈服点（MPa）	伸长率（%）	硬度（HB）	弹性模量（GPa）
525	395	29.75	131～156	196.840

（3）铸造收缩：18-8不锈钢铸后线收缩率为1.80%～2.10%，较铸造金合金（1.25%）为大，需通过特殊的高熔合金包埋料的膨胀加以适当的补偿。

（4）抗腐蚀性：18-8不锈钢具有良好的抗腐蚀性，在各种模拟介质中，对18-8不锈钢铸造件

进行模拟腐蚀试验，经760天观察，结果表明：铸造18-8不锈钢在以下的介质中，如10%硝酸、唾液（pH6.7）、70%乙醇、0.1%硫化钠、1%碳酸钠、1%氯化钾、1%氢氧化钠、甲基丙烯酸甲酯等，均保持高度的抗腐蚀性。但在某些介质中，却出现了一定的腐蚀，如0.05%盐酸和1%乳酸。铸造18-8不锈钢的抗腐蚀速度和等级如下：在10%氯化钠中为0.0001mm/yr（一级，极强）；在1%乳酸中为0.0012mm/yr（二级，很强）。一般在3天～60天内表面发黑。在10%硝酸中甚至被全部溶解。

18-8不锈钢这种高抗腐蚀性能并不是在任何条件下均能保持不变的。这种含碳素过饱和的固溶体在500℃～700℃维持一定时间，可导致奥氏体晶体界面析出大量铬的碳化物（$Cr_{25}C_6$），碳化铬析出会使奥氏体中的铬含量降低；当铬含量低于12%时，所产生的晶间腐蚀就使不锈钢遭到破坏。另外，铸件表面的光洁度对抗腐蚀性也有一定影响，如表面粗糙、有缺陷，就易于被腐蚀。

3. 应用　铸造18-8不锈钢具有良好的拉伸强度和屈服点值，伸长率较好，不易折断，硬度适中，相当于Ⅰ型和Ⅱ型铸金，适用于固定修复。在我国用它代替铸造金合金，应用于制作活动修复体的卡环、支架、基托以及𬌗垫等。

铸造设备以高频铸造机为好，也可用乙炔-氧火焰及电弧熔铸。

铸造工艺中需用高温包埋料，如硅酸乙酯或磷酸盐为结合剂的包埋料。铸造完成后，应迅速投入水中冷却，以保持奥氏体结构。铸件可在稀酸中进行酸洗，以去除铸件表面杂质，但必须严格掌握时间和温度，以免过度而致腐蚀。一般铸件在酸液内煮沸后，立即取出水洗。稀酸成分如下：硝酸70%（密度1.43g/cm^3）50ml、盐酸36%（密度1.18g/cm^3）10ml、加水940ml。

铸件磨光由粗到细，需注意选用合适的磨平和磨光材料，一般可用碳化硅、氧化铝及氧化铬之类材料，禁用红铁粉和碳钢钻针。

（二）种植用316L不锈钢

种植是将无生命的材料植入到人体内，替代人体的器官或组织的结构及功能。种植所应用的材料称为种植材料，利用金属材料制作的植入体称金属种植体。由于生物医学工程学的兴起，促进了口腔种植学的发展，而口腔种植材料的研究已成为口腔种植的重要组成部分。

金属材料具有强度高、刚性好的特点。它的弹性模量均高于人体硬组织，但在长期与组织接触过程中将会腐蚀，继而使本身机械强度下降，对机体产生一定的危害。因此选用弹性模量较低而生物性能很好的耐蚀金属作种植体显得特别重要。目前一般选作种植的金属材料有316不锈钢、钴铬合金及纯钛及钛合金等。

1. 组成　见表14-19-7。

表14-19-7　316L不锈钢组成（wt%）

碳	锰	磷	硫	硅	铬	镍	钼	铁
<0.03	<2.00	<0.03	<0.03	<0.75	17～20	10～14	2～4	余量

2. 性能　见表14-19-8。

表14-19-8　316L不锈钢性能

	硬度（HB）	拉伸强度（MPa）	屈服点（MPa）	伸长率（%）	弹性模量（GPa）
固　溶	85～95	530～570	210～250	40～55	195～285
冷加工		700～880	350～700	12～28	195～258

316不锈钢为1960年美国ASTMF 4委员会确认的外科植入标准化材料。由于加入2%以上的钼，提高了在氯介质中的耐蚀性。其抗腐蚀性比铝钒钛合金略低，但明显优于镍铬合金。

3. 应用　主要用于接骨板和螺钉。

二、铸造钴铬合金

钴铬合金早于1929年就应用于口腔修复。由于它的密度较小，机械性能优良，抗腐蚀性与金合金相似，价格较金合金便宜，特别适用于作部分义齿的修复。也可分为修复用和种植用两类：

（一）修复用铸造钴铬合金

1. 组成　在ISO6871-1987（E）中规定这类合金的组成中，钴、铬和镍元素总量不应超过85%。如果合金中含有铍，则铍的含量不能超过2%。我国将铸造钴铬合金分成硬质、中硬质、软质三类，其组成见表14-19-9。

钴铬合金中，钴是主要元素，抗腐蚀性强，可增加合金的强度和硬度。加入铬可降低合金的熔点并增加抗腐蚀性，含铬量一般不超过30%，若超过30%，则铸造性能较差。镍的加入虽可提高塑

表 14-19-9 三种铸造钴铬合金的组成（wt%）

类型	碳	钴	铬	镍	钼	硅	锰	铁	磷	硫
硬 质	0.38～0.42	60～65	26～28	2～3	5～6	0.5～0.8	≤0.8	≤1.0	<0.01	<0.01
中硬质	0.25～0.35	60～65	26～28	2～3	5～6	0.5～0.8	≤0.8	≤1.0	<0.01	<0.01
软 质	<0.1	3.5～4	26～28	64～68	—	1.5～2.25	≤0.8	≤1.0	<0.01	<0.01

性和降低熔点，但也使强度下降。钼可细化晶粒，提高合金的弹性极限和延伸率，增加合金的强度和硬度。锰和硅是脱氧剂，并可改善合金的流动性和铸造性能。碳的含量虽然不高，但对合金的性能影响极大。碳几乎不固溶于 Co-Cr 的固溶体中，而在合金中全部形成碳化物，但在不同合金成分和铸造工艺条件下，所形成的碳化物有所不同，如 MC、$M_{23}C_6$、M_6C 和 M_7C_3 等（分子式 M 指的是 Co、Cr、Mo 等合金元素），可形成上述碳化物的一种或几种。通常这些碳化物在铸造合金中连续析出，以树枝状于晶间间隙内，或以层片状析出于晶粒内，碳化物的数量、形态及其大小对合金的机械性能有不同的影响。碳化物的数量愈多，合金的强度和硬度愈高，同时塑性和韧性也愈差。如碳化物愈细小分散，则合金的塑性降低愈小。另外由于主要形成碳化铬，因此碳的加人可使合金基体中的铬含量减少而影响抗腐蚀性能。另外，也可加入少量钛，其作用与钼相同。极微量的镓和铟也可使晶粒细化。软质的钴铬合金以镍为主，实际上属镍铬合金。

2. 性能 钴铬合金的熔点都大于 1 200℃，约在 1 290℃～1 425℃之间，密度约 8.3 g/cm³，为金合金的 1/2。它具有良好的抗腐蚀性能和生物学性能，强度和硬度高、延伸率稍低，耐磨性好，因此使研磨及加工修正较为困难，且铸造收缩较大，铸后线收缩在 2.13%～2.24%之间。三种铸造钴铬合金的机械性能见表 14-19-10。

表 14-19-10 三种钴铬铸造合金的机械性能

类型	拉伸强度（MPa）	伸长率（%）	硬度	
硬 质	>630	>3	HR30N	>57
中硬质	>630	>3	HR30N	50～57
软 质	>400	>30	HB2.5/187.5/30	<200

3. 应用 可根据铸造钴铬合金组成及性能不同选择应用。

硬质：可用于活动义齿大支架的整体铸造和种植体。

中硬质：可用于卡环、殆垫、基托和冠、桥的铸造。

软质：可用于各类固定修复。

由于它的熔点高，需要用高频铸造机铸造。又因它铸造收缩大，须用磷酸盐等高温包埋料的膨胀加以补偿。

（二）种植用钴铬合金

1. 组成 用于种植体的钴铬合金，其含碳量较低见表 14-19-11。

表 14-19-11 种植用钴铬合金的组成（wt%）

牌 号	钴	铬	镍	钼	锰	碳	其他	铁
Elgiloy（美）	40	20	15	7.0	2.0	0.15	Be0.04	余量
40KXHMB（俄）	40	19	15	3.5	2.0	0.10	W4	余量
Citizan（日）	41	21	16	6.5	1.5	0.10		余量
Co_{40}NiCrMoW（中）	40	20	15	3.5	2.0	0.12	W5	余量

2. 性能 见表 14-19-12。

表 14-19-12 Elgiloy 钴铬合金冷加工后的机械性能

拉伸强度（MPa）	屈服点（MPa）	比例极限（MPa）	硬度（HV）
2590	1970	1640	700

钴铬合金在盐酸、乳酸、磷酸和氯化铁溶液中的抗腐蚀性比较18-8 不锈钢为小。但植入体内后，在生物体组织中有时会时现钴、铬离子的富集。由于离子对机体的化学刺激，常会引起纤维组织增生、骨吸收和炎性反应等。

三、铸造铜基合金

1．组成　铜不超过55%，锌不少于43%，铝不少于0.7%。

2．性能　熔点为900℃±50℃，属中熔铸造合金。其拉伸强度为286～329MPa，延伸率为14%～16%。

3．应用　铜合金的熔点中等，加工性能与铸造性能良好，但抗腐蚀性及生物学性能较差，故可作为一般的固定修复。

四、铸造钛及钛合金

纯钛及钛合金具有优良的生物安全性和抗腐蚀性，其密度低、化学性能稳定，并有适当的机械性能，加之来源丰富、价格便宜，是一种良好的具有发展前途的口腔用非贵金属铸造材料。由于钛的熔点高，高温时化学活性大，易氧化及产生铸造缺陷等，给临床应用造成一定的困难。早期以锻造钛合金用于口腔临床，但随着国内外真空铸钛机和专用包埋料的研制成功及铸造工艺的改进，临床上对它的应用也逐步扩大。

（一）组成

作为材料的纯钛，一般按熔点分为α-Ti和β-Ti，按品种用途分为碘法钛（TAD）和镁法钛（TA_1，TA_2，TA_3），它们的应用性能基本相同，仅在杂质含量上略有差异。钛合金按结构状态分为α、β、α-β三种相。钛合金的种类很多，目前国际上公认的作为种植材料的是TC_4（Ti-6Al-4V），为α-β相钛合金。常用的纯钛合金及钛合金组成见表14-19-13。

表14-19-13　常用纯钛及钛合金的组成（wt%）

	钛	铝	钒	铁	硅	碳	氮	氢	氧
纯　钛 TAD	基质	–	–	0.03	0.03	0.03	0.01	0.015	0.05
TA_1	基质	–	–	0.15	0.10	0.05	0.03	0.015	0.15
TA_2	基质	–	–	0.30	0.15	0.10	0.05	0.015	0.20
TA_3	基质	–	–	0.40	0.15	0.10	0.05	0.015	0.30
钛合金 TA_4	基质	5.5～6.8	3.5～4.5	0.30	0.15	0.10	0.05	0.015	0.20

（二）性能

纯钛的密度为4.5g/cm³，约为金合金的25%，Co-Cr合金的50%，熔点为1618℃，热导率为172（25℃）[W/（m·k)]，线胀系数为8.5（25℃）$\times 10^{-6}$/℃，弹性模量为108.5 GPa。纯钛具有一定的强度和伸长率，是作为口腔临床用的很好的金属材料，但为了改善其加工性能和提高强度等，还可进行合金化，钛合金主要有Ti-Al、Ti-Ni、Ti-Pd及Ti-Cr系合金等。

纯钛和钛合金在机械性能、抗腐蚀性及生物性能方面优于不锈钢和钴铬合金，是目前应用较多并具有发展前途的材料。纯钛及钛合金的机械性能见表14-19-14。

表14-19-14　纯钛及钛合金的机械性能

	拉伸强度（MPa）	屈服强度（MPa）	伸长率	硬度（HB）	弹性模量（GPa）
纯钛 TA_3	539～686		20～30	–	107
钛合金 TC_4	920	840	10	335	110

（三）应用

钛及钛合金可作为修复和种植材料。

目前对钛及钛合金种植体的评价不一。北美国家临床应用钛及钛合金已达到10余年，认为它们有良好的种植效应。实验证明，将纯钛（TA_1）及钛合金（TC_4）种植体植入半年后，用扫描电镜（SEM）观察结果，发现种植体周围有附着紧密的纤维组织并互相交叉成网状，表面有钙化物沉积。经锐利器械刮除表面附着物后进行SEM观察，仍可见在钛及钛合金表面存在垂直方向结合得非常紧密的纤维组织和钙化晶体，认为纯钛及钛合金(TC_4)的组织相容性良好。也有实验报道，钛及钛合金在种植后，在种植体周围只有纤维结缔组织和血管增生，认为骨相容性并不理想。其价值尚需进一步在临床长期应用中得以验证。

制作钛修复体的基本方法主要有五种：(1) 机床切削加工；(2) 焊接；(3) 电火花蚀刻；(4) 超

塑成型；(5) 失蜡真空铸造技术。CAD/CAM 系统也逐渐引用于该领域。但是目前对于铸造钛和钛合金制作冠、嵌体、桩、固定桥和活动义齿支架首选的是失蜡真空铸造技术。

钛及钛合金在铸造时，使用包埋料为 MgO、Al_2O_3 为主体的乙基硅酸盐。由于义齿部件形态多变，且因人而异，所以真空铸造就成为钛义齿制作的首选方法。然而，由于钛的熔点高（1 668℃），高温下易与空气中的氧、氢、氮等气体及包埋料发生反应；铸造时熔金冷却快，易形成凝壳；钛的密度较小、惯性亦小、流铸性差等原因，使得钛铸造困难，易于产生铸件不完整、铸件内孔和铸件表面粗糙等缺陷。

真空铸造技术的提高，氩气的普及，应用高频及弧光熔解金属等方面技术的发展，以及几乎不与钛发生反应的包埋料的研制开发，铸造钛及钛合金在口腔临床的应用日趋广泛，已被制成义齿基托、冠、桥和种植体等铸件。

(四) 镍钛形状记忆合金

镍钛形状记忆合金具有超弹性和记忆效果等特点，已在临床口腔领域受到重视，并已应用。

1. 组成　这种合金由含镍量在 54%～56%的镍钛金属间化合物组成。

2. 性能　镍钛记忆合金具有高强度和高弹性，它的刚性大而弹性模量远较骨骼为高。作为种植体有一定缺点，但是由于它具有特殊的记忆效果，即在马氏体变形开始的温度下，将制件冷却到马氏体的相变化以后，再外加应力使产生预定变形，完成后进行高温处理能恢复至原来的形状。临床上可利用这一性质，先按所需要的记忆形态处理，植入后得到原来的预定形状，则可获得满意的效果，物理机械性能见表 14-19-15。

表 14-19-15　镍钛记忆合金的物理机械性能

密　度 (g/cm^3)	硬　度 (HB)	拉伸强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	疲劳强度极限 2.5×10^7cyl (MPa)	弹性模量 (GPa)
6.45	142～157	574～930	140～231	60	490	71.4～82.6

镍钛记忆合金还具有良好的抗腐蚀性能，它在人工唾液、人工汗、Hank 生理溶液、1%氯化钠、1%乳酸、0.05%盐酸和 0.1%硫化钠溶液介质中的化学抗腐蚀都属一级，极强。细胞附着性良好，在大白鼠皮下和骨内种植镍钛合金 10 个月观察，证明它具有较高的生物相容性和较低的生物退变性。

3. 应用　可作为骑缝钉等种植材料。

第三节　金属烤瓷合金

金属烤瓷修复体由于兼有陶瓷的美观性和金属的强度，因此在口腔修复领域的应用日趋广泛。早在1886年，Charles H. Land在研究烤瓷时，为了防止瓷的变形，衬用锤造的铂板，发现铂能与瓷牢固地熔接，使金属烤瓷作为口腔修复体具有可行性。1894 年，Custer Lc 发明了电炉，为制作金属烤瓷修复体创造了条件。1900 年发展应用高熔瓷（1288℃～1371℃）及选用比瓷熔点更高的铂合金和钯合金等制作金属烤瓷修复体，于 1925 年由 Legro 完成临床应用。1950 年由于高性能低熔瓷（871℃～1066℃）的研制成功，开始用金合金作为匹配的金属。因金合金具有优良的性能，如易制造、易焊接、适合性好和耐腐蚀等，为此由低熔瓷与金合金组合的金属烤瓷材料一直发展至今。由于金合金价格太贵，以后又对非贵金属进行了大量的研究。1968 年 Poggioli 等人对烤瓷用非贵金属进行了一系列研究，发现以镍为主体的合金最易与瓷结合，因此目前应用的非贵金属合金以镍铬合金为主。随着烤瓷修复的广泛应用，对烤瓷合金的性能有以下要求：

①合金的熔点比瓷烧成温度高。

②机械性能优良。

③合金与瓷的线胀系数必须相匹配。

④合金与瓷能牢固结合并耐久。

⑤不能生成有色的氧化物。

目前的烤瓷合金有以下四种，即①含金 80%左右的金合金；②含金 50%左右的金合金；③不含金的钯-银系银合金，④镍-铬系合

金。前三种为贵金属合金，第四种为非贵金属合金。

一、贵金属烤瓷合金

金合金中含金量高的为金-铂-钯合金、金-铂合金、金-铂-银合金等，其中以金-铂-钯合金占大多数，添加成分为 Ag、In、Sn、Cu、Ir、Ru 等。含金量低的金合金，以 Au-Pd-Ag 系合金为多。此外，Pd-Ag 系合金添加成分为 Pt、In、Sn、Cu、Ir 及 Ru 等。

烤瓷金合金与一般使用的金合金不同。一般的金合金为 Au-Ag-Cu 合金，因铜能增加金合金热处理的效果，提高机械强度，是不可缺少的元素，但是烤瓷合金由于铜在陶瓷烧成时，生成氧化铜能使陶瓷着色，所以一般烤瓷合金不含或含极少量铜。

烤瓷金合金的主要成分为金，它具有优良的抗腐蚀性，富有延展性，易加工，熔点为 1063℃，与其他金属易合金化。铂的熔点为 1770℃，它可提高合金的熔点，增加合金的强度，减少合金的热膨胀率。钯与铂的作用相似，但价格比铂便宜，能取代铂，而且它的密度小（金的密度为 19.32g/cm³、铂为 21.45g/cm³、钯为 12.0 g/cm³），可减轻修复体的重量。

合金中尚含有微量元素，虽然量少但对合金的抗腐蚀性、熔点、铸造性能、机械性能、热膨胀率、热处理硬化性以及与瓷结合强度等，均可产生各种不同的影响。

（一）组成

贵金属烤瓷合金的组成见表 14-19-16。

（二）性能

物理机械性能见表 14-19-17。

表 14-19-16 贵金属烤瓷合金的组成（wt%）

类型	金	银	铂	钯	添加微量元素
Ⅰ型	75～86	0.1～1.5	4～11	4～11	In、Ir、Ru、Cu、Sn、Zn、Ca、Mn、Ni
Ⅱ型	50～70	10～20		25～30	同上
Ⅲ型		25～30		55～65	Pt、In、Zn、Cu、Ir、Ru

表 14-19-17 贵金属烤瓷合金的物理机械性能

类型	熔点（℃）	拉伸强度（MPa）	伸长率（%）	硬度（HV）	密度（g/cm³）	与瓷结合强度（MPa）	弹性模量（GPa）
Ⅰ型	1070～1200	320～450	3.7～12.9	100～200	17.5～18.5	72～113	75～101
Ⅱ型	1230～1350	500～700	2.5～12	90～206	15.7～17.1		950
Ⅲ型	1200～1400	560～600	4.5～17.5	150～215	10～11	980～1260	98～151

二、非贵金属烤瓷合金

非贵金属烤瓷合金为镍铬合金。镍铬合金中镍是主要成分，约占 73.6%～87.6%。铬为 12.4%～26.4%。镍的熔点为 1 455℃，它的耐腐蚀性、热导率良好，具有适当的拉伸强度、伸长率、硬度和韧性。铬的熔点为 1 875℃、耐氧化，密度为 7.19/cm³，铬与镍的合金耐腐蚀性大。其他添加元素有钴、铝、铍、铁、钼、锰、硅和硼等。

纯镍中含有少量钴，钴的熔点 1 493℃，比铬熔点低，有延性、展性且加工性良好。

NI-Cr 系合金中添加钴时、热处理后能有效硬化，铝也能作为合金的脱氧剂。

铍的熔点为 1 283℃，在空气中 700℃ 氧化。Be-Ni 合金能热处理。

Ni-Cr 合金中含铁少于 9.0% 的 Ni-Cr-Fe 系合金，强度高，有耐腐蚀性，在 900℃ 以上也不氧化，高温性能好。

钼的熔点很高，为 5 687℃，线胀系数很小；为 5.3×10^{-6}/℃；与硬质玻璃相似。它具有优良的耐高温强度及耐磨耗性。

锰、硅、硼对镍都具有脱氧作用，锰和硼能改善流动性。硅有降低合金固相点的作用。

（一）组成

镍铬系烤瓷合金的组成见表 14-19-18。

（二）性能

Ni-Cr 系烤瓷合金性能见表 14-19-19。

表 14-19-18 Ni-Cr 系烤瓷合金的组成（wt%）

合金牌号	镍	铬	钼	铝	铍	铁	锰	钴	硅	硼
GH30	77～87	11～22	≤0.7	≤0.15					≤0.3	
Ultratek	81	11	2.0	2.2	1.6					
Wirons	71	14	7.5	2.9			3～4			
ニクロム	59	20	15							6.0
ウイロン	68.5	20	6.0					0.02	3.5	
ネジニム	56	17.3	12.4	2.0		9.9				2.0

表 14-19-19 Ni-Cr 系烤瓷合金的性能

合金牌号	熔点（℃）	拉伸强度（MPa）	伸长率（%）	硬度（HB）	密度（g/cm³）	线胀系数（$\times10^{-6}$/℃）
GH30	1320	720～810		HV220	8.48	14.09
Ultratek	1370	940	16.0	320		
Wirons	1380	740	3.0	325	8.2	
ニクロム	1290	550	2.0	290		
ウイロン	1250	723		HV272		
ネジニム	1290	700	3.0	HV200		

三、烤瓷合金的表面处理

烤瓷合金在瓷熔着前必须进行表面处理，其目的是：除去合金与瓷熔着过程中妨碍两者接触的因子，如残留的包埋材料等；加强合金与瓷的结合力，防止瓷产生气泡，增加强度与美观。

金属表面处理的方法有磨削、氢氟酸处理及除气预氧化等。

四、合金与烤瓷的结合

合金与烤瓷的结合有各种不同的说法，但主要有以下四种：化学结合力、机械结合力、压缩力结合力和范德华力结合力等。Vichery 等通过实验证实：化学结合力为 49.5%，机械结合力为 22%，压缩力结合力为 25.5%，范德华结合力为 3%。

（一）化学结合力

化学结合力是合金表面的氧化物层与瓷中的氧化物和非结晶性玻璃质反应生成的结合力。这种结合力在合金与烤瓷的结合中起着最大的作用。

在金合金系添加有 1%以下的铁、铟和锡，这些元素在除气预氧化加热及瓷烧成加热时，在表面生成 Fe_2O_3、In_2O_3 和 SnO_2 等氧化物。在钯-银系合金添加元素也是铟、锡，添加量为 6%，除了铟、锡氧化物外，也可能有银的氧化物。

镍-铬系合金中，钛、锡、铝、钼是增加结合强度有效的添加元素，这不仅使合金形成氧化物，而且合金基质镍和铬也非常容易氧化而生成 NiO、Cr_2O_3、$NiCr_2O_4$ 等氧化物。多种氧化物在合金表面混在一起，其中钛、锡等氧化物能更活泼地与瓷结合。由于 Ni-Cr 系合金比金合金系能快速地生成厚的氧化膜，使用时需特别注意。

从合金氧化层与瓷的反应形式来看是复杂的，但主要反应形式之一是合金表面氧化物与瓷成分中的氧化物之间互相扩散而产生固溶的结合。

添加元素铁、铟、锡因除气预氧化，加温在合金表面选择性生长 Fe_2O_3、In_2O_3 和 SnO_2。这些氧化物能互相固溶，瓷烧成时与熔融的瓷接触，这些氧化物向瓷中扩散，氧化物互相固溶。这样，由于氧化物彼此间反应生成复合的氧化物时，瓷与氧化层之间通过离子键结合和共价键结合，是一种强固的结合，而合金与氧化物层则通过金属键结合。

（二）机械结合力

所谓机械结合是合金粗糙表面凹凸部与瓷互相嵌合，即所谓投锚效果而产生结合。但是如为了增加这种结合，人为使其表面过于粗糙，反会在界面产生气泡和介入异物而影响结合。

（三）压缩力结合力

瓷与合金的热膨胀率在总的温差范围内，其差必须在 0.1%以下，但当瓷的热膨胀率不能与合金的热膨胀率完全一致时，以瓷的热膨胀率略小一些为好，这是因为瓷对压缩力耐受力大于拉伸。另一方面由于烧成温度降到室温时，产生的压缩应力加强了瓷与金属的结合。

（四）范德华力结合力

即分子间引力。这种结合是分子接近时互相吸引所产生的，一般又称为二次结合力或称为范德华力，这种结合力在合金与烤瓷的结合中起的作用较小。

在上述四种结合力的机制中，化学结合起着非常重要的作用。在化学结合中，控制氧化膜的厚度是重要的因素；而合金与瓷结合的机制尚须进一步探讨。

对合金与瓷结合强度的测定方法大致有四种：即拉伸试验法、切剪试验法、拔出试验法及挠曲试验法等。前三种结合强度约为 15MPa～45MPa，后者因瓷在上方或下方则数值不同，通常瓷在下方约为 45MPa～65MPa。另外，影响结合强度的因素还有润湿性。结合强度的大小与熔融瓷对合金的润湿性有很大关系。润湿性是液体覆盖在固体表面的状态，要了解润湿性良好与否，一般采用测定熔融瓷对合金的接触角的方法。就是将直径 3mm、长度约为 3mm 的圆柱状瓷，在规定条件下烧成熔融状，将其置于已除气加热的合金板上，在比烧成温度高约 100℃ 的温度中保持 1 小时，观察瓷熔融状态与合金板的关系。如接触角 θ 小并有扩散倾向，则表示润湿性良好；反之则润湿性差。

金属烤瓷修复体所用的合金及瓷材料与一般口腔用的合金及瓷材料不同，对烤瓷合金材料有特殊要求，并在组成中添加微量元素。在除气预氧化加热及瓷烧成加热时，表面生成的氧化物层，能与瓷反应而结合。为了使瓷材料能与合金牢固结合并与合金的线胀系数相匹配，应加入所需的氧化物。在两者结合中，瓷的组成、合金及添加元素的种类、合金表面生成的氧化膜等，均有重要的作用。

第四节 焊接与其他合金

一、焊接合金

金属或合金之间的熔接称为焊接。用于焊接的合金称为焊接合金。作为焊接合金，必须具有以下性能。

①焊接合金的成分、强度、色泽等应尽量与被焊的合金相接近。

②焊接合金的熔点必须低于被焊的合金，以低100℃为宜。

③焊接合金熔化后流动性大、扩散性高，能均匀到达焊接界面，且与被焊接合金牢固结合。

④焊接合金应有良好的抗腐蚀性和抗沾污性。

口腔临床上应用的焊接合金有银焊合金、金焊合金和锡焊合金等，现分别叙述如下。

（一）银焊合金

银焊合金又称为白合金焊，其组成为银＞57%，铜＜28%，锌＜15%，熔点为 740℃～820℃。几种银焊合金的组成见表 14-19-20。

表 14-19-20 银焊合金的组成（wt%）

银焊合金	银	铜	锌	锡	镍	镉	锰	金	铂
1	62	16	13	5	4				
2	63	27	10						
3	50	15.5	15.5		3	16			
4	40	20	15	15	10				
5	40	20	15		10		15		
6	40	29	20		1	10			
7	30	20	15		10	10	15		
8	30	20	15		10	10	15		
9	35	20				15		15	15
10	30	20				10		20	20

银焊合金的组成变化较多，高银的焊合金对铁系金属的润湿性差，因此多用低银（45%左右）的银焊合金。为了增大熔点和机械强度，可加入15%～30%的铜，此外，锌、镉可以增加对铁系金属的润湿性。加入镍和锰可增大对不锈钢的亲和性。

银焊合金除焊接银合金外，还可用于镍铬合金、不锈钢以及钴铬合金和铜合金等的焊接。含金和钯的银焊合金还可用于焊接金-银-钯合金，这种合金中的金和钯的总量应达到 30%～35%，可提高其抗腐蚀性，但流动性较差。银焊合金以硼砂作焊媒。

（二）金焊合金

金焊合金的基本组成与铸造金合金相似，主要是金、银和铜。为了降低金焊合金的熔点可加入锌和锡。此外，还可加入少量磷作为脱氧剂。金焊合金的组成见表 14-19-21。

金焊合金的比例极限及抗拉强度与Ⅱ类或Ⅲ类铸造金合金相似，但低于金合金丝。因此，在应力大的部位不宜焊接金合金的附件。此外，它的伸长率均低于所有类型的金合金，其性能见表 14-

19-22。

表 14-19-21 金焊合金的组成（wt%）

金焊合金类型	金	银	铜	锌	锡
1	65.4	15.4	12.4	3.9	3.4
2	66.4	12.4	16.4	3.4	2.0
3	65.0	16.3	13.4	3.9	1.7
4	72.9	12.1	10.0	3.0	2.0
5	80.9	8.1	6.8	2.1	2.0

表 14-19-22 金焊合金的性能

金焊合金类型	熔点范围（℃）	热处理*	比例极限（MPa）	拉伸强度（MPa）	伸长率（%）
1	745～785	软化	186	293	14
		硬化	379	434	<1
2	750～805	软化	203	307	12
		硬化	534	576	<1
3	765～800	软化	207	303	9
		硬化	531	634	<1
4	755～835	软化	165	248	7
		硬化	424	483	<1
5	745～870	软化	141	259	18

注：*软化热处理条件：加热至 700℃后水冷淬火
硬化热处理条件：加热至 450℃后炉冷却，时效硬化

应根据所焊接的各类金合金的不同，选用相应熔点的金焊合金；此外，金焊合金也可用于 18-8 铬镍不锈钢、钴铬合金及镍铬合金的焊接。金焊合金以硼砂作焊媒。

（三）锡焊合金

锡焊合金的组成是锡（66%）和铅（33%），熔点为 183℃。也可用纯锡，熔点为 232℃。

锡焊合金主要用在制作和修理义齿及矫治器过程中，防止合金制作的卡环、殆支托、支架及附件等的移位。焊媒为磷酸。

二、其他合金

（一）硬铅

1. 组成 铋 45%～55%，铅 22%～30%，锡 20%～30%。

2. 性能 硬铅的熔点为 95℃±5℃，属低熔合金。硬度较高，可抵抗锤造时应力。

3. 应用 作为锤造冠，金属基托或固定修复时的阴阳模材料。但是硬铅可引起铅中毒。

（二）锡锑合金

1. 组成 锡 70%～75%，锑 25%～30%，铜 5%。

2. 性能 锡锑合金的熔点为 250℃。硬度 HB 为 40.2，合金铸造冷却时，有结晶膨胀的特点，故铸后收缩小，但化学稳定性较差。

3. 应用可做简单的嵌体及模型。

（三）磁性合金

近年来，随着磁性合金的发展，各种适用于口腔修复的磁性固位体相继出现，对增强义齿及颌面修复体的固位有较好的作用。

磁性合金的发展方向是研究永久性的磁体。评价永磁体性能有许多参量，其中最重要的参量是固有矫顽力（intrinsic coercivity），它是材料退磁所需要的外磁场强度。磁性材料的硬软度即以固有矫顽力来表示，固有矫顽力越高，则硬度越高，抗磁化性越好，但被磁化后，则抗退磁性也越强。磁能积（BH）是一个由磁场强度和矫顽力所决定的复合参量，也是最常引用的性能参量，其值越高，则永磁体抗退磁性越强，所产生的磁力也越大。

最初使用的磁性材料为铁氧体和铝镍钴（Al-Ni-Co）磁体。50 年代有铂钴磁体，但不宜用于口腔修复体。1967 年，Becker 发现了第一代稀土永磁体即钐钴合金（Sm-Co_5），磁场强度比铂钴合金高两倍，有极高的永久性磁力，固有矫顽力比铂钴合金高 5 倍。第二代稀土永磁体钐钴合金（Sm_2-Co_{17}），它的最大磁能积可达 3100T（31MGs）。它除具有磁体的一般共性，如侧方力弱、加热后退磁、不能铸造外，还存在着在口腔环境中易腐蚀氧化、脆性大易碎裂和不耐酸等缺点。1983 年日本制成了第三代稀土永磁体钕铁硼磁体（Nd-Fe-B），它具有高磁能积 3500T（为 35MGs）及更高的固有矫顽力，每单位体积的磁场强度较钐钴合金强 30%以上。由于它以铁为主要成分，故有良好的机械性能，如压缩强度和挠曲强度为钐钴磁体的 1 倍以上，硬度亦优于钐钴合金，而且它的价格低，为钐钴合金的 50%，便于推广应用。但钕铁硼磁体在口腔环境中有易氧化的缺点，虽然氧化产物无毒，但一经氧化则磁力下降，故仍需采取防腐措施。此外，钕铁硼永磁体的居里点（即退磁温度）较钐钴合金为低，只宜在 80℃以下使用，超过 80℃则导致磁体的磁性衰减。因口腔温度一般为 40～60℃，故温度的影响很小。目前这类永磁体的磁能积已达到 5100T（51MGs），在口腔修复的应

用中具有更广阔的前景。几种永磁材料的最大磁能积见表 14-19-23。

表 14-19-23 永磁材料最大磁能积（MGs）*

材料	最大磁能积
Ferrite	4
Al-Ni-Co	10
Pt-Co	15
$Sm\text{-}Co_5$	25
$Sm_2\text{-}Co_{17}$	31
Nd-Fe-B	51

注：* $1Gs=10^{-4}T$

在磁体材料防腐蚀措施方面，一般可采用镀铬、镍，包裹树脂、不锈钢壳及喷烤塑防蚀技术等处理后，在人工唾液中 37℃ 浸泡 24 周后未见腐蚀现象。

近年在国内，使用 Z-1 型磁性固位体，进一步提高了磁性固位体的固位力和防腐蚀能力，并在临床上获得了满意效果。

Z-1 型磁性固位体采用钕铁硼磁体-871 软磁合金系统。它与钕铁硼磁体磁体系统在等体积状态下比较，前者的固位力是后者的 85%，但前者可将磁体设计为闭合磁路磁体，从而使固位力显著提高，还可利用软磁合金的良好加工性能和可铸性，做成所需形状，使固位体更为精巧合适。Z-1 型磁性体的体积为 4.5mm×4.0mm×3mm，可以方便地置入各种修复体中。

目前，以钕铁硼磁体-软磁合金系统，采用闭合磁场磁体设计的磁性固位体，已成为提高口腔及颌面修复体固位力的手段。这种磁体可用于覆盖义齿、部分义齿、颌面修复体、种植义齿以及正畸治疗等，将在临床上取得满意的效果。

（张彩霞）

第二十章　常用金属制品

第一节　正畸用金属制品

一、活动矫治器用金属制品

（一）卡环

作固位用。单臂卡环用直径 0.8～1.0 mm（21～19号）弹性不锈钢丝。改良箭头卡环多用于后牙上，常用直径0.7～0.8mm（22～21号）弹性不锈钢丝。邻间钩多用于邻接关系良好的后牙上，用直径0.8～0.9mm（21～22号）弹性不锈钢丝。单曲舌卡多用于矫治深覆船的上颌平面板活动矫治器，用直径0.7～0.8mm（22～21号）弹性不锈钢丝制成。

（二）弹簧

弹簧有以下几种：①双曲舌簧，用于矫治牙齿舌向或腭向错位，一般用直径0.5～0.6mm（25～23号）弹性不锈钢丝。②单曲纵簧，多用于近中唇向错位的尖牙向远中移动，一般用直径 0.6～0.7mm（23～22号）弹性不锈钢丝制成。③双曲纵簧，多用于矫治牙齿近远中移动，一般用直径 0.5～0.6mm（25～23号）弹性不锈钢丝。④交叉指簧，多用于乳前牙，用直径0.5～0.6mm（25～23号）弹性不锈钢丝。⑤圈簧，圈簧由弹簧臂、圈及连接体三部分构成，常用直径 0.5mm～0.7mm（24～22号）弹性不锈钢丝制成。按弹簧臂长短选用不锈钢丝的粗细，即弹簧臂长度增加时，需用较粗的钢丝。⑥别针簧，用于矫治切牙或尖牙低位或高位萌出。⑦分裂簧，用于扩弓，可用直径0.8～1.0mm（21～19号）弹性不锈钢丝，也可用两个并列分裂簧，用直径 0.6～0.7mm（23～22号）弹性不锈钢丝。⑧扩弓螺旋器，与分裂簧作用相似。

（三）唇弓

双曲唇弓及其焊接附件常用直径 0.6～0.8mm（23～21号）弹性不锈钢丝。矫治用的唇弓丝常用直径 0.6mm，而保持用的唇弓为直径 0.8mm。

（四）舌挡丝

矫治吐舌及破除咬下唇等不良习惯。一般用直径 1.0～1.2mm（19～18号）弹性不锈钢丝。

（五）唇挡丝

一般在上颌双曲唇弓上焊两条向下垂的唇挡丝，将下唇支撑开。常用直径 0.8～1.0mm（21～19号）弹性不锈钢丝。

（六）切端钩

作用是防止唇弓加力向上滑脱，如在切端钩上加横曲，还可用于压低前牙。常用直径 0.5mm（25号）弹性不锈钢丝。

（七）前方牵引架

是口外前方牵引矫治器的组成部分之一。可用直径 1.8～2.0mm 弹性不锈钢丝制成。

二、固定矫治器用金属制品

（一）带环

主要由不锈钢片制成。可通过技工操作对各个牙个别制作，也可预制成多种不同大小型号的预成带环供临床选用。带环粘着在磨牙上，作固定矫治器固位用。

（二）锁槽

锁槽由镍铬合金制成。要求拉抻强度为500MPa，有良好耐腐蚀性和焊接性。锁槽中部有容纳弓丝的水平槽沟，槽沟的宽度有两类，一类宽 0.46mm，另一类宽 0.56mm，配合相应规格的方形弓丝或圆形弓丝所用。锁槽两端有为固定弓丝所用的结扎丝沟。锁槽按形态又分单弓与双弓，目前多用后者。双弓有小号、大号两种，壁厚为 0.3mm±0.03mm。

（三）矫治弓丝

它分为以下几种：①方丝弓矫治器的弓丝，要求有良好的弹性。一般以不锈钢丝及钛镍合金等制成。常用圆形及方形弓丝的规格种类见下表 14-20-1；②Begg 矫治器的弓丝，采用富有弹性的细不锈钢丝制作，唇弓用 0.4mm 直径的圆形不锈钢丝制成。根据需要也可用直径为 0.35mm、0.45mm、

0.50mm的圆丝制成；③唇弓矫治器的弓丝，低位唇弓用直径0.8～0.9mm不锈钢丝制成。中位唇弓用直径0.9～1.0mm不锈钢丝；④舌弓矫治器的弓丝，由直径为0.9～1.0mm的不锈钢丝弯制，辅助弹簧由直径0.5mm不锈钢丝组成；⑤双丝弓矫治器的弓丝，由两根0.25mm直径的不锈钢丝组成；⑥口外唇弓矫治器的颌外唇弓，多用直径1.2～1.4mm的不锈钢丝组成。

（四）颊面管

多焊接在带环颊面，以使矫治弓丝末端插入管内。颊面管有为插入口外唇弓的圆形管，以及插入口内部分弓丝的圆形或方形颊面管。

（五）锁栓

Begg矫治器根据矫治不同阶段的需要，锁栓可分成安全锁栓，通过锁栓和钩状锁栓三型。

（六）结扎丝

用于弓丝与附件的固定。采用无弹性的不锈钢丝。直径有0.20mm、0.25mm和0.30mm等供临床选用。

第二节　牙体修复用金属制品

当牙体缺损用常规充填术不能达到修复目的，特别是因严重牙体缺损而致充填体固位困难时，可以采用固位钉和固位桩等附加固位的牙体修复方法。

一、固位钉类型

1. 粘接固位钉　早期固位钉，为不锈钢丝截断，稍加修整而制成，甚至可用裂钻代用，直径为0.06cm。钉道以螺旋钻制品，直径0.07cm，然后用水门钉将固位钉粘接于钉道内。

2. 摩接固位钉　不锈钢制成，直径0.06cm，钉道用螺旋钻制备，直径0.05cm略小于钉，使用时轻缓加力敲击钉头，利用牙本质所具有的弹性，使钉进入钉道而嵌塞紧密。

3. 自攻螺旋固位钉　不锈钢制成，自身带有螺旋，可以在钉道内旋转前进就位，钉道由螺旋钻制备，略小于固位钉。近年来发展出自攻自断螺旋钉，可放置于慢速手机上推进，使整套临床操作技术规范化，钉道直径有0.07cm、0.05cm、0.046cm、0.033cm，固位钉直径有0.08cm、0.06cm、0.05cm、0.04cm。

二、固定钉的作用

1. 利用固位钉把充填体连接到牙体组织上，并传导受力。

2. 牙尖脆弱时，横向固位钉可以拉住修复体和牙本质，减小受力后劈裂的趋势。

3. 当修复材料具有一定体积时，使用固位钉可增加强度。

第三节　颌面外科用金属制品

一、带钩夹弓夹板

主要用于颌骨骨折时牵引复位固定以及松动牙固定，可用铝丝弯制成形。每个夹板上有几个挂钩，两钩间的距离为1～1.5cm，钩端应向外倾斜，与牙龈间有空隙，以便于套橡皮圈不致压迫牙龈。

二、内固定接骨板

主要用于颌面部损伤、跌伤、枪伤以及在治疗某些疾病过程中，造成的面部、口腔等骨折或骨裂和缺损，是恢复和校正功能的外科手术器材。分为小夹板、固定夹板、压缩夹板、专用螺钉及部分专用工具等。夹板及螺钉材质均采用纯钛（TA_3）制成，含钛99.8%及其他金属0.2%（其中含铁0.122%、镍0.014%，硅0.040%），其密度小、强度高。机械性能为：硬度极限530MPa、相对延伸率30%、断面收缩率56.5%，耐腐蚀、不生锈、低传导，并具有良好的生物性能。内固定接骨板的种类和规格繁多，临床应用时可按手术的需要进行选择使用。

第四节　义齿修复用金属制品

一、桩冠修复用成品根桩

桩冠是利用金属冠桩插入根管内以获得固位的一种冠修复体。由于桩冠的固位良好，其应用已有一个半世纪的历史。成品根桩按形态可分光滑形、槽柱形、锥形、螺纹形，由不锈钢制成。

目前临床上应用较多的是根管螺纹桩，它分前

牙用和后牙用。前牙用根管螺纹桩为扁头，直径有1.2mm，1.5mm，1.8mm；长度有10mm，12mm和14mm。后牙用螺纹桩为方头，直径有1.0mm，1.2mm和1.5mm；长度有8mm，10mm和12mm。

二、锻造合金制品

锻造合金的组成和性能在“金属材料”中已阐述，本节只讨论锻造合金制品的规格和用途。

（一）锻造18-8铬镍不锈钢

1.18-8铬镍不锈钢丝4-36型号、规格及用途见表14-20-1。

表14-20-1 18-8铬镍不锈钢丝的规格及用途

型 号	直径（mm）	用 途
18#	1.2	用于磨牙殆支托
19#	1.0	用于双尖牙殆支托及磨牙卡环
20#	0.9	用于磨牙及双尖牙卡环
21#	0.8	用于双尖牙及尖牙卡环
22#	0.7	用于正畸矫治器唇弓及附件
25～30#	0.56～0.34	用于矫治器的各类弹簧
30#以上	0.25以下	用作结扎丝

2. 连接杆

腭杆：宽而薄（宽3mm，厚1.5mm），用于上颌活动义齿的连接。

舌杆：窄而厚（宽2mm，厚2.5mm），用于下颌活动义齿的连接。

腭杆和舌杆又可分为大、中、小三种规格，供临床选用。

（二）锻造镍铬合金

1. 无缝冠 软质无缝冠可分为切牙形、尖形、方形、圆形和扇形5种。按形态不同可供切牙、尖牙和双尖牙修复时选用。硬质无缝冠主要用磨牙。

2. 白合金片 厚度为0.274～0.229mm。

3. 锁槽 已在正畸用金属制品中论及。

三、金属种植体

用于制作金属种植体的金属材料有316L不锈钢、纯钼、钴铬合金以及纯钛及钛合金等（其组成和性能在金属材料中已论及）。按植入体的形态可将金属种植体归纳如下：

（一）一次性种植体

一次性种植系统只需一次手术即可将种植体植入，故其结构必然是一个不分部件的整体。术后一部分埋入骨内，一部分露在粘膜上，两者之间是穿过牙龈粘膜软组织的部分。

1. 螺旋-螺钉型

①Branemark种植体 由纯钛制成，呈螺旋状，直径多为3.75mm，螺纹间距0.6mm，有7～18mm多种长度规格，种植体末端有4个槽形沟及2个相通的孔。该种植体适用于全口牙缺失或者上下颌牙列局部缺失的病例。

②核孔种植体（Core-vent implant）由钡钴钛合金制成，种植体的下端制成空心管状，管壁上有孔，种植体的上半部为螺纹状 适用于上、下颌的单个牙或者多个牙缺失。

③螺钉种植体 由纯钛制成或表面有等离子钛浆涂层的TPS种植体（titanium plasma-sprayed screw），直径4mm，植入体为螺钉状，尖端锥度较大，设计有120°的凹槽，以利于穿入骨内。适用于单个牙缺失的患者或者无牙下颌。

2. 圆柱状种植体

①ITI-Bonefit种植体 纯钛制成或表面用等离子涂层。早期的设计为中空式，空管部分的管壁上有孔。后期的设计将壁孔的位置下移，同时也设计出闭口空心的柱状种植体。原型号较多，1985年以后，又设计出一种新型号，定名为Bone-fit。适用于下颌单个牙缺失或者无牙下颌病例。

②IMZ种植体 IMZ种植体（intramobile zylinder implant）为空心圆柱状纯钛种植体或表面用等离子钛浆涂层，或是羟基磷灰石涂层。种植体下端的空管壁上有3～4个大孔，相互穿通。适用于部分牙缺失或全口牙缺失者。

③TCP种植体 TCP种植体（tricalcium phosphate implant）为纯钛制成或表面涂覆磷酸三钙复合物。适用于各类牙列缺损及缺失的患者。

Integral TM种植体 为圆柱状钛合金种植体或表面有羟基磷灰石涂层。用于各类牙列缺损和缺失病例。

3. 叶状种植体 基本形态是楔形叶片状，叶片上有各种形式的孔隙，其底缘有开口型和闭口型两类。可由不同合金制成。常用在牙槽嵴严重吸收的刀刃状嵴、狭窄牙嵴以及不宜采用圆柱状种植体的患者。

4. 钉、针型种植体 种植钉、针可单独使用，也可做成双脚或三脚架式。种植体尖部呈矢状，以

便穿入骨内。单针常用于根管内种植。常用钛合金或纯钽制成。

5. 盘状种植体 由纯钛制成。盘径分别为5mm、6mm、7mm，根据颌骨的宽度选用。适用于各种牙列缺损缺失，但要求颌骨有一定的宽度和密质骨量。

此外，还有不同合金制成的锚状种植体、下颌支种植体、穿骨用的下颌钉板型种植体以及用钛纤维制成的网状种植体。

（二）二次性种植体

二次性骨内种植系统需经两次手术完成植入。第一次手术先将植入体埋入骨中。待其与骨组织充分愈合后，再行第二次手术将基台与植入体相衔接，露出于粘膜之外。因此，二次性骨内种植体是由多个部件构成的。除了基本部件外，还有一些辅助部件用于保证完好愈合和准确衔接。这些部件的名称作用和相互关系：

1. 植入体 植入骨内部分，起固位作用，可有叶状、圆柱状等多种形态。

2. 覆盖螺钉 又称愈合螺丝。第一次植入术后用于暂时盖住与基台相衔接的孔，第二次手术中撤去。

3. 基台 通过第二次手术衔接到植入体上，露出到粘膜以上，以起到支持修复体的作用。

4. 粘膜周围扩展器 在第二次手术中衔接到植入体上临时占据基台的位置，待手术创愈合，当上皮布满新形成的龈沟表面后，再将其取下，以在清晰的视界下将基台装着就位。

5. 卫生螺钉 又称愈合帽。封闭基台近殆端的螺孔，防止异物进入基台内。

6. 转移杆 用于在取制印模时转移基台位置关系的辅助构件。

7. 基台代型 与转移帽配合使用，通过印模将粘膜上显露的基台形态和位置准确地转移到工作模上。

8. 预制帽 用于基台顶端吻接。在预制帽之间连上杆或支架，就形成种植义齿的上部结构。

9. 顶盖螺钉 又称修复螺钉，用于最终将义齿或上部结构固定到基台上。

四、附 着 体

当牙槽骨有严重吸收，全口义齿固位困难的患者，以及由于各种原因需减小基托面积的患者进行修复时，为增加固位力，可附加附着体来帮助固位，目前广泛使用的附着体多为预制品，但也可手工制作。

根据附着体所在部位一般可分根上、根内和杆附着体三种。可有不同金属制成。

1. 根上附着体 属于一种栓钉类的附着体，其固位部分如同母子扣，由阴型和阳型两部分组成。最常用的为Dalbo附着体，又称根上附着体。其阳型部分呈球形，焊接固定于基牙金属顶盖上，阴型部分呈圆筒状，固定于义齿基托的组织面。这类附着体适用于颌间隙较大者。

当颌间隙较小时，可选用Kürer压力栓钉固位系统，这一系统由插入根管内的螺旋根桩、金属短顶盖和嵌入义齿基托相应组织面的阴型组成。螺旋根桩穿过短顶盖拧入根管内，固定短顶盖于根面后，其所占的垂直间隙小于Dalbo附着体。若颌间距离很小，还可选用Rothermann弹性附着体。这种附着体的阳型为有沟的短栓钉，总高度仅为1.7mm，焊接于短顶盖上，阴型部分为C形环或夹，固定在覆盖义齿基托的组织面。此外，Rothermann还设计了一种无弹性附着体，其总高度只有1.1mm，适用于颌间隙更小的患者。

2. 根内附着体 这类附着体与根上附着体相反，其阴型部分固定于基牙根管内，阳型部分置于覆盖义齿基托组织面所相应部位，最常使用的为Zest锚附着体。

3. 杆附着体 杆附着体是用越过无牙区的金属杆将两端基牙上的金属顶盖连接在一起的附着体。杆的外形与牙弓形态、基牙位置及牙槽嵴形状有密切关系。

（徐东选）

第二十一章 包埋材料

第一节 概述

口腔铸造修复体一般采用失蜡铸造法制作，修复过程中包埋蜡型所用的材料称包埋材料。按用途可以分为铸造包埋材料、钎焊包埋材料以及铸造陶瓷牙时使用的包埋材料。包埋材料的主要成分是耐高温的二氧化硅，但纯二氧化硅难以固定成型，必须加入结合剂。包埋材料的强度取决于结合剂的添加量。

铸造包埋材料是铸造工艺中包埋铸型（如蜡型）的材料。铸造时，首先通过加热使铸型熔化并挥发，在包埋材料中形成铸型的阴模，然后向阴模中灌入熔化的金属，完成金属修复体的铸造。要求铸造金属修复体的精度在正负0.05%，理想的铸造包埋材料应符合以下要求：

1. 调和时呈均匀的糊状。
2. 有适当的操作时间，包埋材料的凝固时间应控制在7～10分钟。
3. 粉末粒度细微均匀，以保证铸件表面光滑。
4. 要有适当的膨胀特性，以补偿铸造过程中金属和蜡型的体积收缩。
5. 包埋材料耐高温，铸造时不与液态金属发生化学反应，不产生有毒气体，并对铸入的金属材料无破坏作用（如腐蚀）。能承受铸造压力及冲击力，不因此而产生微裂纹。
6. 有良好的透气性，以利铸模内的气体逸出。
7. 铸造完成后，包埋材料易于被破碎，并且不粘附在金属修复体表面。

铸造用包埋材料一般分为以下几大类：

1. 中低熔合金铸造包埋材料，适用于铸造熔化温度在1000℃以下的合金，如金合金、银合金、铜合金、锡锑合金等。这类包埋材料一般用石膏作为结合剂，故又称石膏类包埋材料。在高温下，石膏会因分解而失去结合力。因此，这类包埋材料只耐一般高温，热膨胀系数不很大，易控制，有一定强度。

2. 高熔合金铸造包埋材料，适用于铸造熔化温度在1000℃以上高熔合金。这类包埋材料不能用石膏作为结合剂，故又称无石膏类包埋材料，包括磷酸盐包埋材料和硅胶包埋材料。此类材料的特点是耐高温、热膨胀系数大，但不容易控制，加热后的强度尚好。

3. 模型包埋材料　模型包埋材料的用法是在用特殊材料作成的模型上制作蜡型，然后将模型和蜡型一起包埋。将这种包埋方法所使用的材料称为“模型包埋材料”，又称带模铸造包埋材料。采用模型包埋法，可以避免蜡型在从模型上被取下和在包埋过程中发生变形。

4. 钛合金包埋材料是以二氧化锆和结合剂为主制成的新型高温包埋材料，耐1600℃以上的高温，适用于钛合金的铸造。

第二节 中低熔合金铸造包埋材料

一、组成

中低熔合金铸造包埋材料即石膏类包埋材料的主要成分是耐火材料二氧化硅（55%～75%）及硬质石膏（25%～45%），同时还含有少量用于调整固化时间的成分，如石墨和硼酸，分别为1%及5%，此外还有一些着色剂。二氧化硅（SiO_2）有4个同素异构体：石英、磷石英、方石英以及熔融石英。

石英、磷石英和方石英被加热后，它们的晶体形态由低温下稳定的α型变为高温下稳定的β型。它们的晶体形态的温度转变点不同，石英为573℃，磷石英为120℃，方石英为220℃。当晶格形态由α型转变为β型时，会发生急剧的体积膨胀。临床工作正是利用二氧化硅的这种热膨胀特性，使金属的铸造收缩得到补偿。所以口腔临床使用的是在600～700℃温度范围是膨胀系数较大的石英。

在包埋材料中充当结合剂的石膏与水调和后，可以与石英结合成一个整体，并在凝固时提供一定的固化膨胀，使之凝固后有一定的强度。在200～400℃之间，石膏脱水收缩，直到700℃收缩量才开始减少，此后由于石膏分解又发生显著收缩。因此，石膏包埋材料只能使用在700℃以下的铸造过程中。口腔修复过程中大量使用的是加热脱水后收缩量较少的硬质石膏（α-半水石膏）。

包埋材料中的石墨具有还原作用，可防止金属氧化，使铸件光洁度提高。硼酸可以使包埋材料的热膨胀均匀，并略增其热膨胀量及强度。

二、性　　能

（一）固化时间

包埋材料的凝固与石膏的含量有关，因此，包埋材料的固化性质与水粉比例、水温、调和速度及时间有关。其中水粉比是影响包埋材料特性的最重要因素。水粉比为0.5时，表示50ml水与100g粉调和。商品包埋材料的水粉比一般为0.30～0.40。若水粉比例太大，固化时间将延长，固化膨胀和热膨胀量将减少。ADA标准规定包埋材料的固化时间为5～25分钟。

（二）膨胀

石膏类包埋材料都具有固化膨胀、吸水膨胀和热膨胀的性质。

1. 固化膨胀　石膏类包埋材料在固化时发生膨胀。这种膨胀是石膏的固化反应在起主要作用，而与二氧化硅无关。其机制与石膏本身的固化膨胀相同，二水石膏的针状结晶交替增长，因互相挤压而向外部膨胀。若有二氧化硅粒子存在，针状结晶易于生长，有利于材料膨胀。所以石膏类包埋材料比单独的半水石膏固化膨胀系数大。水粉比大的包埋材料膨胀系数小。

2. 吸水膨胀　在石膏类包埋材料的初凝阶段，若向正在固化的石膏包埋材料加水或把材料浸入水中，包埋材料的固化膨胀将比在空气中大很多。这种膨胀称为吸水膨胀或水合膨胀。将包埋材料的这种特性应用在金属铸造过程中，使铸造收缩得到补偿的方法称为吸水膨胀法（水合膨胀法）。ADA标准中的Ⅱ型包埋材料就是用吸水膨胀法铸造嵌体的包埋材料，它的吸水膨胀率为1.2%～2.2%。

吸水膨胀率与包埋材料的成分及粉末粒度有关，含硅量与吸水膨胀成正比。二氧化硅粉末粒度越小，吸水膨胀率越大。α-半水石膏比β-半水石膏的膨胀率大。另外，吸水膨胀的大小也可以通过操作方法予以调节，水粉比小、接触水的时间长、水量多及水温高等，均会使吸水膨胀增加。

吸水膨胀是一般固化膨胀的延续。这是由于调和后增加的水，不断地补充吸水反应所消耗的水，使二水石膏的针状结晶能够顺利生长。目前，金属的铸造收缩是不可避免的，因而只能靠包埋材料在固化或加热过程中的膨胀来补偿。因此，充分利用吸水膨胀的膨胀率大而且可调的特点是比较理想的，缺点是蜡型易产生变形。应用时可采用以下方法：

1）包埋前，先将向铸圈内壁围贴1～3层充分吸水的石棉纸，然后包埋。包埋材料在凝固过程中吸取石棉纸中的水分，可产生吸水膨胀。

2）在包埋材料初凝时，将铸圈置于38℃水中，约30分钟。

3）包埋后，以针筒有控制地向铸圈内加水。

3. 热膨胀　包埋材料固化后，二氧化硅和充当结合剂的半水石膏与水发生反应，生成的二水石膏成为主要成分。在此基础上继续加热，二氧化硅由α型向β型转化。石膏则因脱水，沿二水石膏—半水石膏—无水石膏的方向发生转化。这两个反应分别独立进行，所以包埋材料的热膨胀曲线是这两个转化反应叠加的结果。方石英包埋材料的热膨胀率明显大于石英包埋材料。金合金铸造时的铸型最佳温度是600～700℃，包埋材料在这个温度下的热膨胀是最重要的。二氧化硅由α型向β型转化是可逆的，加热后的二氧化硅经冷却仍可由β型转化为α型。

冷却至室温时，材料表现为收缩状态，这种现象不是由二氧化硅的性质决定的，而是因为加热生成的无水石膏，冷却时不再发生转化，仍以小于二水石膏的体积产生冷却收缩，所以冷却至室温时，膨胀率为负值即收缩。如果对包埋材料进行第二次加热，虽然会发生与第一次几乎相同的膨胀，但很有可能会使固化的包埋材料内部产生微裂。因此，对已经加热除去蜡型的铸型不要中途冷却，而应继续加热至铸造温度后，立即铸造。此外，热膨胀亦与水粉比有关，水粉比小，则膨胀量大；石英量越多，膨胀量也越大。

（三）机械强度

包埋材料在加热和铸造过程中应有足够的强度，但是强度过高，又会给铸造后包埋材料的清除造成困难。包埋材料的机械强度一般用压缩强度表示。ADA标准规定，抗压试验应于材料调和2小时后，在相对湿度为100%的室温下进行。严格地讲，用加热条件下的机械强度来评价包埋材料更为合理。包埋材料的压缩强度，与石膏的种类、石膏的含量及水粉比有关，加入硬质石膏的强度会高于普通石膏，水粉比越大压缩强度越低。

（四）粉末粒度与透气性

包埋材料的粉末粒度越细，铸造修复体的表面就越平滑。此外，二氧化硅粒子越细，吸水膨胀越大。

铸造时，熔融金属在离心力等压力作用下进入铸腔，如果铸腔内空气不能顺利排除，将使熔融金属不能充满铸腔，从而导致铸造缺陷产生。因此，包埋材料硬固后应有微小孔隙，以便空气能在铸造压力下全部排除。包埋材料的粒度分布及石膏含量，是影响透气性的重要因素。粒子尺寸均一，有利于气体透过。减少石膏量，增加水粉比，可使透气性增加。

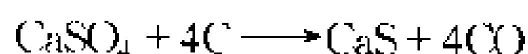
（五）耐热性（耐热分解性）

包埋材料要有一定的耐热性，即要求材料在高温下不易被分解。二氧化硅在其熔点（1700℃）以下不发生分解，但无水石膏在1000℃以上便开始分解，如下式所示



$2CaSO_4 \longrightarrow 2CaO + 2SO_2 + O_2$

蜡型被熔除后，有些碳元素残留在铸型中，可有以下反应发生：



$CaSO_4 + 4C \longrightarrow CaS + 4CO$



$3CaSO_4 + CaS \longrightarrow 4CaO + 4SO_2$



$4CaSO_4 + 4C \longrightarrow 4CaO + 4CO + 4SO_2$

无水石膏在700℃以上时，可通过碳元素迅速还原，生成对金属铸造修复体产生污染的二氧化硫。在700℃以下不发生上述反应，且石膏在750℃时，可出现显著的收缩倾向，所以，铸造石膏类包埋材料的加热温度必须在700℃以下。

第三节 高熔合金铸造包埋材料

高熔合金铸造包埋材料需耐高温，同时要补偿高熔合金铸造后较大的收缩率，因此不能选用石膏作为结合剂。

一、磷酸盐包埋材料

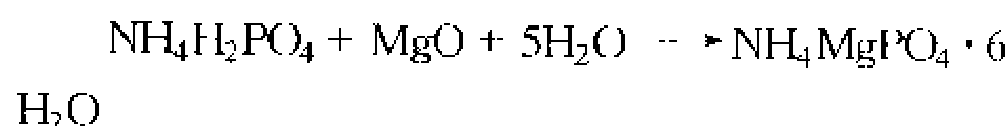
（一）组成

磷酸盐包埋材料的主要成分是方石英、石英，或二者混合使用，占总重量的80%～90%。结合剂为磷酸盐，如磷酸二氢铵（$NH_4H_2PO_4$）、磷酸二氢镁（MgH_2PO_4）以及金属氧化物（主要是氧化镁MgO）的混合物，占总量的10%～20%。使用时，将二氧化硅、结合剂与硅溶胶悬浊液（一般含SiO_2 20%～30%）或将水按一定比例（水粉比为0.13～0.20）调和，可以获得较大的固化膨胀和热膨胀。

磷酸盐包埋材料的固化膨胀和热膨胀率均比石膏包埋材料高，耐热性也优于石膏包埋材料，故一般用于高温铸造包埋，如镍铬合金、钴铬合金等高熔点非贵金属修复体的铸造。

（二）固化反应及加热时的反应

包埋材料的固化时间为8～11分钟，它的固化是通过结合剂发生化学反应来实现的。其反应式如下：



$NH_4H_2PO_4 + MgO + 5H_2O \longrightarrow NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$

固化后的材料经加温后，固化产物继续反应。

当铸造温度在800℃时，反应最终产物是$Mg_2P_2O_7$和一些过剩的MgO，以及未发生任何变化的石英、方石英。

（三）性能

1. 固化膨胀、吸水膨胀及热膨胀 磷酸盐包埋材料的固化膨胀，其本质是$NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$的针状及柱状结晶的成长。而热膨胀则来源于二氧化硅的膨胀。二者均随硅溶胶浓度的增加而加大。因此，这类包埋材料可以通过改变硅溶胶浓度，在一个较大的范围内调节膨胀率。

磷酸盐包埋材料也具有吸水膨胀的性质。在向琼脂印模灌注时，可通过灌注时机，调整膨胀量，将材料在即将固化之前灌注，获得较大膨胀效果。用硅溶胶调和比用水调和膨胀率大得多。而且在300～400℃范围内发生的膨胀率下降，也显著小于用水调和的包埋材料。这种包埋材料的综合膨胀率为1.3%～2.0%。

2. 机械强度　磷酸盐包埋材料的抗压强度大于石膏包埋材料，调和后 24 小时可达到 9～30MPa。经加热冷却后，其抗压强度也大于石膏包埋材料，达 2～14MPa。但强度过高，也会给铸件脱模造成困难。

3. 粉末粒度与透气性　磷酸盐包埋材料的粒度，一般在 200～350 目之间。材料的透气性小于石膏包埋材料，因为后者的水粉比大于前者 1 倍以上，因此有时需加入纤维以增加其透气性。

4. 耐热性（耐热分解性）　磷酸盐包埋材料在使用温度下，由结晶的 $Mg_2P_2O_7$、未反应的 MgO、β-方石英以及 β-石英组成。它们的熔点均 1000℃ 以上，所以具有较高的耐热性。

二、硅胶包埋材料

（一）组成

硅胶包埋材料分为正硅酸乙脂包埋材料和硅溶胶包埋材料两种。后者现在常以硅溶胶悬浊液的形式与磷酸盐包埋材料合用（在前面已经讲过）。

正硅酸乙酯包埋材料是以正硅酸乙酯作结合剂的高熔铸造包埋材料。正硅酸乙酯中含有 28% 的 SiO_2，分子式为 $Si(OC_2H_5)_4$，经加水分解，生成硅溶胶并固化，其反应式如下：



$$Si(OC_2H_5)_4 + 4H_2O \longrightarrow Si(OH)_4 + 4C_2H_5OH$$

上述水解作用需在乙醇溶剂的帮助下完成，乙醇对水解制剂具有稳定性。为加速反应，一般以盐酸水溶液作为包埋材料的调和液。因此，包埋材料的特性取决于正硅酸乙酯、盐酸及水之间的配合比例，盐酸量小于 0.8% 会使包埋材料产生裂隙，太多会使 SiO_2 沉淀过多，影响铸件质量。耐火材料也是由方石英和石英组成的，并在其中加入固化调节剂 MgO。

（二）性能

1. 固化反应和固化时间　正硅酸乙酯包埋材料的加水分解反应非常复杂，反应过程产生的 $SiO_2 \cdot 2H_2O$ 可以聚合成硅化合物聚合体。这种硅化合物聚合体含硅量高，耐火性强。固化时间在 10～30 分左右。MgO 含量越高，固化越快。

2. 膨胀和强度　耐火材料及结合剂中均含有硅，所以具有较大的热膨胀性及综合膨胀性。但因结合剂为胶体，所以强度低。

3. 透气性　由于加热后耐火材料的硅粒子间隙被结合剂中的硅微粒堵塞，所以透气性比石膏包埋材料差。

（三）应用

正硅酸乙酯包埋材料一般用作内层包埋材料，用氨气处理后，可使其加速固化。内层包埋材料固化后，用少量硬质石膏（10%）与粗石英粉配制的石膏包埋材料与水调和后，进行外层包埋，可以缩短包埋时间和节约材料。

第四节　模型包埋材料

模型包埋材料的耐火材料为方石英及石英。结合剂采用硬质石膏、超硬质石膏及磷酸盐。材料可用水调和，若用硅溶胶悬浊液调和，可获得更高的强度和膨胀率。

模型包埋材料必须兼备模型材料和包埋材料的性质。用琼脂印模材料翻制耐火模型，在耐火模型上制作蜡型，将蜡型与耐火模型一起用包埋材料包埋在铸圈内，完成铸造。模型材料在室温下具有一定的强度。模型材料的抗压强度为 20～50MPa，但在加热到 700℃ 后，其抗压强度为 10～30MPa，大于石膏包埋材料，往往会造成脱模困难。其固化膨胀率为 0.8%～1.2%，而石膏包埋材料为 0.3%～0.4%；它在 700℃ 时的膨胀率为 0.7%～1.3%，石膏包埋材料为 0.8%～1.0%，适用于整体带模铸造时的模型和包埋材料使用。

第五节　铸钛用包埋材料

钛的熔点 1668℃，系口腔科铸造合金中熔点最高者。铸钛用包埋材料又称为超高温包埋材料

近年来钛及钛合金在口腔科的应用日益广泛但钛在高温下化学性能十分活泼，在 600℃ 以上极易氧化；熔化后铸造时易与坩埚、包埋材料起反应。因此钛的铸造遇到了以下难题：高温热源，铸造压力，避免氧化的措施，以及相应的坩埚、包埋材料等。

一种包埋材料能否用于铸钛，首先需要了解包埋材料的理化性能、熔钛与包埋材料的反应，以及铸造效果等。从目前已有的铸钛用包埋材料来看，其耐火材料主要是石英、氧化铝、氧化镁、氧化锆、氧化钙等。尚未形成单一的包埋材料和铸造

机。

（一）以石英为主的包埋材料，目前还不能完全避免与熔钛反应，但其一般的性能优于非石英包埋材料。采用粗细对等的纯石英配比和20%磷酸盐结合剂可降低与熔钛的反应。

（二）以氧化铝为主的包埋材料 氧化铝溶胶硬化时间长，几乎没有体积膨胀。而将氧化铝与氧化镁混合后加热至600～700℃时生成的氧化镁有较大的体积膨胀，采用磷酸盐或硅类溶胶作为结合剂，操作性能尚好。但此铸模坚硬，脱模困难。

（三）以氧化镁为主的包埋材料 耐火材料系高纯度电熔氧化镁，结合剂为磷酸盐或正硅酸乙酯。改良型的结合剂有将氧化铝粘固剂与水混合者，其操作性能更好，使用方便。为补偿金属收缩还可以在包埋材料中加少许的金属锆粉末，金属锆在加热至550℃时吸收氧成为氧化锆体积膨胀性好，其铸件脱模良好，表面光洁，但因铸模强度较低，需采用离心铸造的方式。

（四）以氧化锆为主的包埋材料 此包埋材料系采用水、醋酸氧化锆和氧化锆溶胶作为氧化锆和金属锆的结合剂，并在包埋材料中添加10%左右的电熔氧化钙，利用其吸水膨胀。其铸件脱模性好，但硬化时间长，膨胀量不稳定，并且氧化锆和金属锆的价格较贵。

（五）以氧化钙为主的包埋材料　有学者采用甲醇作为结合剂，但其产品的开发和实用性还有待于解决。

总的来说，含石英的包埋材料与熔钛反应较大，要求铸造温度低；磷酸盐系的包埋材料流动性好，硬化时间也适当；而磷酸盐系以外的包埋材料硬化时间较长，缺乏硬化膨胀。所以铸钛用包埋材料还是应以石英磷酸盐系添加氧化铝、氧化镁和少量氧化锆作辅料为主，将熔钛与包埋材料反应层的厚度降低到50～100μm，打磨去除此层后不会影响铸件的准确度。

（张　敏）

第二十二章　口腔辅助材料

第一节　切削和研磨材料

在口腔修复治疗过程中，切削和研磨是必不可少的材料加工手段。在工业上，切削是指用坚硬的刃具使一部分材料脱离本体。研磨则是靠高硬度物质微粒的磨擦，使材料的表面脱离本体的过程。而在口腔修复治疗操作中，二者是以工作目的来区分的：以减少工作对象体积为目的称切削，以减小工作对象表面粗糙度为目的称研磨。实质上研磨也是一种微量切削过程。所谓切削和研磨材料是指一切应用于口腔修复治疗的切削刀具刃具及研磨用的磨具、磨料等。

一、切削与研磨的特点

（一）切削

口腔治疗中主要使用手握式旋转切削工具（电动及气动手机），进行窝洞制备，以及对修复体表面的切削、研磨、抛光等操作。

1. 转速与切削　在切削研磨体种类一定，被切削材料一定的情况下，线速度的大小决定了切削效率的高低。直径较小的钻针等刃具，可以通过加快转速获得高线速度。

2. 切削压力与产热　在切削活体牙及加工修复体，特别是树脂、银汞合金时，均应避免切削产热。切削压力与切削产热有直接关系，压力越大产热量越高。在高速切削状态下，较小的切削压力，也可获得高效率的切削。但高速磨擦也会导致产热加剧，所以仍需在水冷条件下进行。

（二）研磨

1. 研磨的定义及目的　在口腔领域，研磨特指减小表面粗糙度的抛光加工过程。研磨方法除电解研磨、化学研磨外，主要采用使用磨料的机械研磨方法。

研磨的目的，是使被加工的表面平滑均匀。这对于减少修复体在口腔中的异物感，防止食物在修复体沉积以及防止材料变质是非常重要的。例如，金属修复体的表面经研磨抛光后，晶粒变细甚至达到晶界消失的状态，可大幅度提高耐腐蚀性和色稳定性。

2. 影响研磨效率的因素　决定研磨效率的有四个主要因素：被研磨物体材料的性质，磨料的物理特性（如磨料的粒度、强度、硬度和形态），粘接剂的粘接强度，研磨压力及研磨的运动速度。

另外，研磨操作应遵守循序渐进的原则，研磨时，按照磨料的硬度，从硬到软逐级顺序研磨，或按照磨料的粒度，从大到小逐次顺序进行。否则，不但效率降低而且无法获得理想的表面状态。

二、切削及研磨材料的特性

无论是用刀具、刃具切削，还是用磨具、磨料研磨，欲得到最佳的加工效果，材料必须具备以下特性：

1. 外形尖锐。
2. 硬度高于被切削或被研磨的材料。
3. 耐冲击强度高。
4. 耐磨性高。

三、切削、研磨材料的种类及性能

（一）切削材料

1. 金刚石钻针及磨轮　金刚石具有极高的硬度和良好的热稳定性，非常适于切削牙体硬组织，特别是牙釉质。一般只能用于在冷却水冲刷的条件下切削牙体硬组织、陶瓷等硬而脆的材料，不宜加工金属、塑料等韧性、塑性较大的材料。

2. 金刚砂钻针及磨头　金刚砂具有较高的硬度，与陶瓷结合剂按一定比例混合，可以制成不同形状、粒度、硬度的钻针或磨轮、磨片。钻针的切削端是用粘接剂粘在钻针柄上的，所以使用时应避免施加弯曲力。磨片较薄，使用时横向力过大易

脆裂。

金刚砂磨头是将刚玉（Al_2O_3）、碳化硅（SiC）等物质的粉末状颗粒，用粘接剂粘结在一起制成的切削研磨工具。这类粉状颗粒具有较高的硬度、强度和耐磨性，但抗冲击强度较差。

3. 碳化钨钻针　碳化钨钻针的切削端是用碳化钨（WC）硬质合金制作的。其尖锐的切刃有明确的排列方向，排屑槽可使碎屑顺利排出，避免刃部淤塞。碳化钨钻针也有低速，高速之分，主要用于切削牙本质及金属制品。

4. 钢钻针　钢钻针一般用工具钢制作，可用于切削、研磨牙本质。缺点是不耐磨、寿命短，不适用于高速切削。切削端外形与碳化钨钻针类似。

（二）研磨材料

1. 氧化锡　将氧化锡（SnO_2）与水、甘油等调成腻子状，用于在口腔内抛光牙组织或修复体。最好与橡皮障一同使用。

2. 氧化铬　氧化铬（Cr_2O_3）经与脂类混合固化成抛光膏，呈绿色。适用于各种金属材料的抛光。

3. 氧化铁　主要成分为 Fe_2O_3，俗称"红铁粉"，一般是将红色的 Fe_2O_3 细粉末与硬脂酸混合做成抛光膏，用于贵金属抛光。

4. 碳酸钙　为颗粒状 $CaCO_3$，白色，用沉淀法制备出各种粒度的粉末，常加水、甘油做成抛光膏使用，也是牙膏中的磨光剂。

5. 浮石粉　主要成分为 SiO_2，同时含有 Al_2O_3、Fe_2O_3、Na_2O、K_2O 等。颗粒硬度较低，常用于抛光软、中硬度的金合金，也用于研磨牙体组织，对牙釉质无损伤。

6. 硅藻土　主要由硅藻类植物的硅质细胞壁沉积而成。呈白色或淡黄色。是一种中等硬度的抛光剂。

7. 砂　主要成分为 SiO_2，除用于制作砂纸和研磨剂外，还以不同粒度用于对修复体表面进行喷砂处理。

8. 石榴石　化学成分复杂，是一种含有 Mg、Fe、Mn、Ca、Al、Cr 等元素的硅酸盐矿石。常用于研磨硬质合金。

9. 刚玉　主要成分为 Al_2O_3 和 Fe_2O_3。硬度仅次于金刚石，筛分出不同的粒度的粒子，粘在耐水纸上，制作成各种标号的水砂纸。

10. 碳化硅　碳化硅（SiC）俗金刚砂，无色晶体。硬度为莫氏 9 度。粉状颗粒用于制作砂纸，砂轮等研磨，切削工具。

11. 碳化硼　碳化硼（B_4C）为有光泽的黑色晶体，硬度接近金刚石。可制成各种切削、研磨工具。

12. 金刚石　为碳（C）的结晶体，硬度为莫氏 10 度。金刚石微粒可制成各种切削、研磨工具，是切削牙釉质最有效的切削材料。

（三）抛光工具

在对牙齿或修复体的研磨操作中，除了选用合适的研磨材料外，还经常使用一些抛光工具，用以提高研磨效率和质量。

1. 抛光轮　用布或皮革制成的圆盘。临床上多用于修复体的研磨，一般多配合含有氧化铁、氧化铬的抛光膏使用。

2. 毡轮　用毛毡制成的磨轮，硬度大于布或皮革制抛光轮。需与研磨材料配合使用。

3. 锥形毡轮　用毛毡制成。一般装在砂轮机上使用。利用其圆锥外形，可以方便地研磨、抛光上颌总义齿的内表面。

4. 毛刷轮　用猪鬃或马鬃制作的抛光轮。有各种尺寸和软硬之分。一般配合以浮石、硅藻土、石英砂、碳酸钙等研磨材料使用。

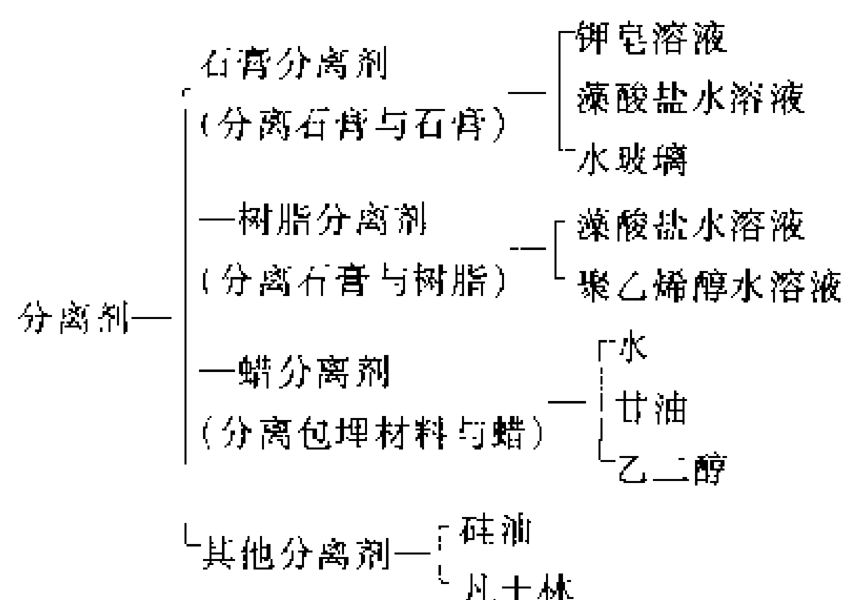
5. 橡胶磨杯　用软橡胶制成的杯状抛光轮。磨杯内壁的沟槽可起到保持磨料的作用。一般与用水、甘油混和的各种粉末研磨材料配合使用。主要用于在口腔内研磨修复体和牙体硬组织。

第二节　分离剂和清洁材料

分离剂和清洁材料都是口腔修复操作过程中必不可少的辅助材料。

一、分　离　剂

分离剂是在口腔临床修复时，技工操作过程中经常使用的辅助材料。其主要作用是在两种相同的或不同的材料之间或材料与模具间形成隔离膜，使材料与材料或材料与模具不发生粘连。在各种操作过程中，需根据不同情况，选择适当的分离剂。



（一）钾皂

钾皂水溶液是负离子类表面活性剂，涂在石膏表面后，与 Ca^{2+} 发生反应生成不溶性金属皂类物质。由于亲油性原子基团（脂肪族碳氢化合物）排布在这层物质的表面，形成一层疏水分子膜，所以可以发挥分离亲水材料的作用。但这种分离膜溶于树脂单体，因此不能充当石膏与树脂间的分离剂。

（二）水玻璃（硅酸钠）

硅酸钠与石膏表面的 Ca^{2+} 反应，形成硅酸钙薄膜，在石膏与石膏之间发挥分离作用。一般使用30%的水溶液。浓度过高，会使石膏表面变粗糙。

（三）藻酸盐

藻酸盐分离剂是含2%～3%藻酸钠的水溶液。将其涂在石膏表面后，与 Ca^{2+} 发生反应，形成不溶于水和树脂单体的藻酸钙薄膜，这层薄膜即可在树脂与石膏之间产生分离作用。

（四）聚乙烯醇

部分皂化的聚乙烯醇（PVA）的分子中含有大量羟基，是一种具有造膜性质的结晶型聚合体。虽然聚乙烯醇形成的膜耐水性欠佳，但具有透明、强度、韧性和化学稳定性高等特点，所以PVA水溶液可作为加压常温固化树脂的分离剂使用。

（五）甘油、乙二醇

甘油和乙二醇的分子中均含有亲水基团，涂布在石膏表面后，亲水基排布在分离膜表面，对疏水的蜡起分离作用。

二、清洁材料

口腔清洁材料是指通过化学作用清洁修复体表面污物和氧化物的各种材料。在临床修复中广泛使用的主要有：焊媒和清洁液。

（一）焊媒

焊媒是用于保证钎焊过程顺利进行的辅助材料，也被称为焊药、钎剂等。

1. 焊媒的作用　焊媒可防止被焊接金属表面氧化，清除金属表面的氧化膜及降低金属表面与液态金属的表面张力。

2. 焊媒的性能　焊媒熔点低于焊接合金约50℃，且容易被去除，不腐蚀被焊接金属。

3. 焊媒的种类　见表14-22-1。

表14-22-1　口腔钎焊用焊媒

焊　媒	成　分
金焊焊媒	无水硼砂粉末55%，硼酸35%，二氧化硅10%
金银钯合金焊焊媒	无水硼砂粉末50% 硼酸50%
高熔合金焊焊媒	硼氟化钾60%，氟化钾20%，氯化钾10%，偏硼酸钠10%
银焊焊媒	①无水硼砂粉末20%～80%，氯化钾10%～50%，氟化钠10%～50% ②无水硼砂粉末70%，氯化钾30% ③无水硼砂粉末20%～80%，氟化钠10%～50%，氯化钠10%～50%
锡焊焊媒	正磷酸

在口腔临床修复中进行金焊和银焊时使用的焊媒配方如表所示。也可以在配方中加无水乙醇、机油、凡士林等调配成糊膏状使用。

不锈钢及镍铬丝钎焊使用的焊媒中，一般含有氟化物，可以有效地清除铬氧化膜。这类焊媒也是将氟化钾、酸性氟化钾、硼砂、硼酸等混合制成。

（二）金属清洁剂

主要用于清除金属表面的氧化层，一般具有很强的腐蚀性。

配方

（1）硝酸25%，盐酸75%，加适量水稀释，配制成稀王水。主要用于清除白合金片制做的各种修复体表面的氧化物。

（2）盐酸溶液，主要用于银合金铸造修复体。

（三）义齿清洁剂

义齿清洁剂是用以清除义齿上的污物、烟渍、色素、结石及氨味的各种清洁材料。它具有清洁和消毒作用，可用于浸泡或洗刷义齿。其剂型有片剂、粉剂、糊剂和液剂。根据义齿清洁的方法，可分为机械清洁剂和化学清洁剂。

1. 机械清洁剂　主要依靠机械磨擦和超声震荡的方法，能有效提高义齿清洁度。

2. 化学清洁剂

(1) 漂白型清洁剂：主要有次氯酸钠、次氯酸钙等次氯酸盐，与水作用生成次氯酸有很强的氧化性和漂白作用，广泛用作氧化剂、漂白剂、消毒剂和清洁剂。

(2) 稀盐酸型：能使粘液及蛋白质等有机物溶解，使牙结石变松脆，易被刷净。

(3) 氧化型：或称碱性氧化物型，一般为粉剂和片剂，主要由氧化剂和碱性助剂组成，氧化物有过氧化氢、过硼酸钠、过硫酸钾等，碱性助剂有磷酸钠、碳酸钠等，成分中还含有酶制剂、催化剂、表面活性剂和矫味剂等。

无论使用何种清洁剂，在浸泡义齿后都应充分洗净其表面，以避免残留的清洁剂对口腔粘膜产生刺激作用。

第三节 义齿稳定材料

是一类暂时性辅助义齿固位的材料，主要用于全口义齿固位不佳的患者。该材料通过与口腔粘膜的粘附作用而增强义齿的固位和稳定性，从而改善患者的咀嚼功能。

一、组　　成

义齿稳定材料有粉剂、糊剂、雾剂和膜剂等剂型。一般由以下几组份构成：

1. 基质树脂　包括天然树脂、合成树脂、动植物胶、纤维素等。

2. 填料　常用氧化镁或二氧化硅等无机填料。

3. 表面活性剂　常用十二烷基磺酸钠。

4. 防腐剂和矫味剂　多用泥泊金乙酯作防腐剂，薄荷或留兰香作矫味剂。

5. 润滑剂　常用硬质酸镁或滑石粉作为粉剂型的润滑剂。

6. 载体　根据所用剂型不同，使用不同载体。对于粉剂、糊剂、雾剂，可用亲水性聚乙二醇作载体，可达快速粘附效果。液体石蜡、凡士林、聚乙烯可用作疏水性载体，用于制备糊剂，使材料的溶解速度变慢，作用时间延长。

二、性　　能

(一) 粘附作用

义齿稳定材料应用于义齿基托的组织面戴入口腔后，因吸附口腔中的水分产生溶胀，溶胀后的材料可充满并封闭基托与粘膜间的间隙，产生物理吸附作用，使义齿牢固粘附于支持组织上，从而暂时性增加义齿的固位和稳定性，改善患者的咀嚼功能，减少食物残渣及污物在基托下的聚集，消除对粘膜的刺激。

(二) 临床效果

将义齿稳定材料涂于基托的组织面，戴入口腔能明显增加义齿的暂时固位和稳定性，提高咬𬌗力和咀嚼功能，减少不适感。另一方面，稳定剂吸湿溶胀后增加了义齿与组织间的厚度，可能会造成义齿的垂直距离升高，但由于材料有固位效果，会使某些患者再继续使用已不适宜的义齿，从而带来不利的影响。

三、应　　用

义齿稳定剂适用于：

(1) 全口义齿固位，尤其是口腔支持组织条件差而致固位不良或即刻义齿初戴不适者。

(2) 全口义齿修复时暂时性基托的固位。

(3) 某些特殊义齿，如缺乏物理固位性的颌面修复体及腭裂患者的义齿固位。

第四节 其他辅助材料

由于口腔修复技术涉及的材料种类繁多，且修复工艺复杂，故除上述的辅助材料外，还常常采用许多相关的其他辅助材料。这里只简单介绍以下几种。

一、咬合调整材料

咬合调整材料主要是用来检查口腔内牙齿及牙列、义齿的𬌗关系的一类材料。按应用品种可分为：

1. 咬合纸　由红色或蓝色的复写材料制成。分厚型和薄型两种，强度高。主要用于牙𬌗面接触点以及义齿修复体关系的检查。

2. 咬合板　一般由蜡或软质塑料制成。有厚薄不同的规格，具有一定的强度和柔软性，其外形与牙弓形态类似。主要用于检查、记录口腔内牙列及义齿𬌗面形态和关系。

二、压接赋形材料

压接赋形材料主要是指是在牙体缺损充填和粘接修复过程中使用的一种辅助成形材料。

1. 成形薄膜　较常用的材料为聚酯薄膜和赛璐珞薄膜两种。薄膜与复合树脂不发生粘接，能使复合树脂材料形成光滑表面。

2. 邻间压楔　邻间压楔又称解剖式楔，是指在后牙邻面龋洞充填时，为了使金属成形片的牙颈部分与邻面洞龈壁紧密贴合，不致使充填物自龈缘压出或在牙间隙形成悬突而使用的一种楔子。在使用时，将它从金属成形片颈部颊舌侧向牙间隙楔入。现多用塑料制成。

三、保 健 材 料

1. 防龋磨擦剂　一种含氟、钙成分的糊状材料，有些产品还含有消炎、脱敏等成分。主要用于龋病的预防、牙本质脱敏以及牙周炎症的辅助治疗等方面。

2. 牙粉　牙粉主要由磨光剂、发泡剂和矫味剂组成。主要用于清除牙齿表面上的食物残渣和菌斑。此外，还可作为修复体表面抛光剂使用。

3. 牙膏　牙膏主要由磨光剂、发泡剂、湿润剂、矫味剂以及其他成分（如防龋药物、脱敏剂等）所组成。常见的磨光剂有碳酸钙、二氧化硅等。碳酸钙能使粘附在牙齿表面的污物失去粘附作用而比较容易被刷除；二氧化硅主要起研磨作用。发泡剂多用十二醇硫酸钠，刷牙时能产生泡沫，这些泡沫能促使牙齿上的各种污物悬浮到口腔中，随着漱口而排出口腔。湿润剂如甘油及海藻酸钠或纤维素衍生物，可保持牙膏呈糊剂并可控制牙膏的稠度。矫味剂多采用各种芳香类香精。近年来，含天然或人工合成药物的牙膏品种很多，它们对脱敏、消炎和预防口腔其他疾病均有一定作用。其中含氟牙膏中的氟能与牙齿作用生成不易溶解、抗酸性很强的氟化物，能抑制菌斑的形成，有较好的防龋作用。

4. 邻间清洁刷　邻间清洁刷是一种锥形带柄的小刷。其刷头与刷柄为活动连接，刷头可更换。由于该种清洁刷刷头体积小，使用灵活方便，故主要用于清洁一般牙刷不易清洁到的牙齿邻面、牙颈部、固定义齿修复体与邻牙的邻接面、固定义齿桥体的龈组织面以及正畸固定矫治器与牙齿的邻接面等。

另外，牙签、牙线也属此类清洁保健制品。

5. 牙刷　牙刷的种类很多，可分为天然毛牙刷和塑料毛牙刷；儿童牙刷和成人牙刷；直柄和曲柄牙刷；普通型与多功能牙刷等。近年来，电动牙刷、喷水牙刷、磁疗牙刷、带牙膏的牙刷等也相继问世。而牙刷的刷毛长短、毛束多少、分布形状、软硬度以及牙刷头部的大小等因素均对牙刷的清洁效果有影响，特别是刷毛末端为平面形态的牙刷对牙齿及牙龈有一定的损伤，而刷毛末端为球形的牙刷则可减轻这种损伤。

（林　红）

参 考 文 献

1. 陈治清主编．口腔材料学．北京：人民卫生出版社，1995
2. 陈治清主编．最新口腔材料学．成都：四川科学技术出版社，1989
3. 陈治清，管利民编著．口腔粘接学．北京：北京医科大学中国协和医科大学联合出版社，1993
4. 徐君伍主编．口腔修复理论与临床．北京：人民卫生出版社，1999
5. 徐君伍主编．口腔修复学．第三版．北京：人民卫生出版社，1994
6. 杨佑成．崔秀珍主编．简明口腔科学．北京：人民卫生出版社，1998
7. 郑麟蕃，张震康主编．实用口腔科学．北京：人民卫生出版社，1993
8. 程辉．口腔常用印模材料．国外医学口腔医学分册，1992，(4):217
9. 程静涛，等．藻酸盐印模材料取模的三维精度变化．现代口腔医学杂志，1997，(3):171
10. 郑睿．温度老化对藻酸盐印模材料抗压强度的影响．现代口腔医学杂志，1993，(2):88
11. 曹善志．胶结剂的用量对藻酸钠弹性印模材料物理性能的影响，口腔医学杂志，1989，(1):18
12. Philips, Ralph W. Skinner's science of dental materials. 9th ed. WB Saunders Co, 1991
13. Craig, Robert G, et al. Dental materials-Properties and manipulation, 5th ed. Mosby Year Book, 1992
14. Hideki Aoki. Medical application of hydroxyapatite. Tokyo: Ishiyaku EuroAmerica Inc, 1994
15. Eichmiller FC, Promising new dental materials on the horizon. Compend Contin Educ Dent, 1997, 18:254

16. Gordon JC. Compomers vs resin-reinforced glass ionomers. JADA, 1997, 128:479
17. Smith DC. Composition and characteristics of glass ionomer cements. JADA, 1990, 120:20
18. Eley BM. The future of dental amalgam: a review of the literature. British Dent J, 1997, 183(1):11
19. Eppelbaum I, et al. An advanced multipurpose dental adhesive system. J Adhesion Sci Technol, 1995, 9(10):1357
20. Davies JE, et al. Scanning electron microscopy of the bone-bioactive implant interface. J Biomed Mater Res, 1997, 15:36(4):429
21. Alhadainy HA, Abdalla AI, 2-year clinical evaluation of dentin bonding system. Am J Dent, 1996, 9:77
22. Mason PN, et al. Shear bond strength of four dentinal adhesive applied in vivo and in vitro. J Dent, 1996, 24:217
23. Mann S. The biomimetics of enamel: a paradigm for organized biomaterials. Ciba Found Symp, 1997, 205:261
24. Agrawal CM, et al. Porous coated titanium implant impregnated with a biodegradable protein delivery system. J Biomed Mater Res, 1997, 15:36(4):516
25. Liu C, et al. Mechanism of the hardening process for a hydroxyapatite cement. J biomed Mater Res, 1997, 35(1):75

第十五篇

CHINESE STOMATOLOGY

口腔药物学

主编　曾光明

作者　肖忠革　史宗道　曾光明　梁俐芬
　　　乐进秋

第一章 总 论

第一节 口腔药物学的内涵

药物治疗口腔疾病已有漫长历史。早在我国汉代张仲景（公元2世纪）的《金匮要略》一书中，就有雄黄（砷剂）治疗小儿龋齿痛的记载。随着口腔医学与药物学知识的不断发展，两者的关系也日趋密切，相互促进。今天，药物在口腔疾病治疗中的作用已日显重要，应用也亦见广泛。口腔药物学就是将药物学知识应用于口腔临床治疗，研究药物在口腔疾病治疗中的药理学、药剂学及治疗学特点和规律，同时也研究在临床应如何安全、有效、合理地使用药物，使药物学更好地为口腔医学服务。

全面系统地开展口腔药物学的研究，不仅有助于提高口腔临床药物治疗水平，而且也有助于我们对口腔疾病本质更深刻的认识。口腔药物学是一门综合性学科，涉及的范围很广，因此要特别注意药物学知识与临床治疗实践的紧密结合，这样才能更好地为临床治疗服务。

第二节 口腔疾病的用药特点

在口腔临床用药中，既可表现为与其他各科用药相似的一般性，如口腔颌面部的抗感染，抗肿瘤及局部麻醉用药等；又可表现为与其他各科用药不同的特殊性，如牙体、牙髓病、牙周病的用药。由于口腔的组织学、解剖学特点，因而在口腔疾病的药物治疗中有其自身的特色，主要表现在以下几方面：

1. 周部用药占有重要地位。这一特点主要与口腔的解剖学特点有关。从解剖学来看，口腔和外界直接相通，局部用药十分方便，有利于药物发挥疗效，医生和病人都乐于接受。同时，由于口腔疾病的局部性病变特点，全身用药时，所需剂量大，而药物达到病变部位的浓度低、药物很难发挥疗效，有时还会引起明显的不良反应。故局部用药十分常见。

2. 酚、醛类消毒防腐药应用广泛。这主要与口腔的组织学特性有关。牙体是高度钙化的硬组织，一般抗菌药物很难渗透到病变部位，故需选用消毒作用强，穿透性好的酚、醛类消毒剂。但由于此类药物的选择性作用差，刺激性和腐蚀性大，易造成机体组织的损害，故在治疗过程中应避免损害牙周和粘膜等软组织。

3. 给药途径与疾病特性相关。①牙釉质给药，主要用于防龋，如氟化钠溶液或酸性氟磷酸钠凝胶涂布釉质表面；②牙本质给药，主要用于牙本质消毒或抗牙本质过敏症治疗；③牙髓给药，主要用于护髓，失活或干髓治疗；④根管内给药，主要用于去除牙髓后的根管或感染根管的消毒及根尖周炎的治疗；⑤牙周组织给药，主要用于牙龈炎、牙周脓肿及牙周炎，通过牙龈或牙周袋内给药；⑥拔牙创给药，主要用于创口的消炎、止血和止痛；⑦牙龈内或骨膜下给药，如局部麻醉用药；⑧口腔粘膜给药，主要用于口腔粘膜病治疗。

4. 药物剂型丰富，制剂种类多。在口腔局部治疗中，药物剂型非常丰富，如溶液剂用于口腔含漱，冲洗或牙齿表面的涂布等；糊剂、软膏剂用于牙体牙髓病、牙周病治疗，牙周缓释剂用于牙周炎治疗；口腔药膜用于治疗口腔溃疡等。此外，口腔药物制剂种类繁多，如牙髓失活剂，盖髓剂的配方可有数种之多，故在临床治疗时，一定要根据患者的具体情况来选用。

第三节 合 理 用 药

合理用药长久以来都是临床需要解决又无法圆满解决的一大难题。药物数量的激增，诊疗任务的繁重，临床医生很难有足够的时间去全面深入地了解每一种治疗药物，同时，复杂的临床情况，如病人的个体差异，患者病理生理的改变，药物的相互作用等多种因素，无不在影响药物的疗效和不良反应，从而使得药物滥用和药源性疾病现象越来越明显。由此而言，在明确诊断的前提下，减少药物不

良反应，减轻病人经济负担，已显得更加必要了。

一、合理用药的重要意义

（一）合理用药可提高药物疗效

临床治疗中我们常常可以看到，对某一疾病，若选用的药物不同，或所选药物的剂量、给药方法及疗程不同，其疗效就会出现明显差异。例如，使用青霉素G时，现主张分次给药，即在每日总给药量不变的情况下，分次将青霉素G加入到50～100ml的葡萄糖溶液中于半小时内静脉滴注完毕。这一给药方案更符合青霉素的杀菌作用点，即在短时间内大量杀灭进入繁殖期的细菌，从而提高疗效；又如，对糖皮质激素采用隔日一次顿服法，更符合人体内分泌激素的时辰规律，既提高了疗效，又降低了药物不良反应。

（二）合理用药可降低药物不良反应

临床医生不合理用药导致药物不良反应增加，主要源于以下两个方面：一是对疾病的认识不正确，以致盲目选药。如对病毒感染者使用抗生素，或对发热未明者进行抗菌治疗，结果易引起细菌耐药性或产生其他不良反应。二是对药物药理学知识了解不够，不能正确合理地使用药物。如对肝、肾功能减退患者选用具有肝、肾毒性的药物，必然会加重病人的肝肾功能损害。因此，如果医生具有扎实的专业知识和药理学知识，以及丰富的临床经验，就能较好地做到合理用药，大大降低药物不良反应的发生率或不良反应的严重度。

（三）合理用药可降低医疗费用，减轻病人和社会的经济负担

随着大量新药的不断上市，临床治疗可供选择的药物品种越来越多。但新药因研究和开发费用高，故其价格一般总比老药贵。因此，所选药物除了安全有效外，还应考虑药物价格，后者以低收入患者来说不能忽视。例如，对可选用青霉素或广谱青霉素治疗有效的感染，就不必使用价格昂贵的第三代头孢菌素；大多数细菌感染用一种抗菌药物即可控制，就无须采用二联或三联疗法，这样，不仅降低了医疗费用，避免不必要的资源浪费，又可降低药物不良反应及细菌耐药性。同时，合理用药可加速疾病愈合，缩短住院或治疗时间，大大减轻了患者和社会的经济负担。

二、合理用药的基本原则

合理用药的重要性如此明确，然而临床医生要真正做到合理用药却并非易事。特别是在病情诊断不明确，用药指征不足而又必须迅速作出决定的情况下，医生用药往往需要冒极大的风险，这需要医生的学识、经验和智慧。所以，合理用药又非绝对，而是一个相对的概念，但一般应符合以下基本原则：

1. 合理选药　合理选药是根据病人的具体情况、安全、有效、经济、方便、及时选用药物。在很多情况下，要做到合理选药并不容易。例如，对于细菌性感染，在药敏试验结果出来之前，要选择有效抗菌药物就比较困难。对同时患有多种疾病的患者选用药物时需要慎重考虑，所选药物既要对该病有效，又要不影响其他疾病的治疗。选用药物时，还应考虑到所选药使用是否方便。使用方便的药物，病人的依从性好，其疗效也会较好，特别是对同时服用多种药物的病人尤为重要。药物价格高低也是衡量选药是否合理的一个重要指标。很多老药价格低廉，且经过长期的临床治疗实践证实对某种疾病有确定的疗效，就不必选用价格昂贵的新药。

2. 联合用药　联合用药在临床治疗中已十分普遍，合理的联合可提高药物疗效，减少不良反应的发生。例如，在抗高血压治疗、抗肿瘤治疗及抗感染治疗中，有很多有效的联合用药方案，取得了较为满意的临床效果。反之，不合理的联合用药就会降低药物疗效，增加药物不良反应。因此，在联合用药时一定要注意以下几点：①详细了解病情，确定联合用药指征；②应熟知所用药物的作用特点及不良反应；③联合用药时各药物剂量、用法、疗程是否正确合理。

3. 用药个体化　由于生物个体存在着差异性，一般的用药原则并不总是适合某些特殊的个体。有时即使是患有相同疾病的病人，因个人的条件、习性或病理生理的差异，对药物的反应就可能不同。所以，在具体治疗每一病人时，就应根据病人的具体情况来用药。用药个体化的涵义很广，如药物选择、药物剂量、用法、疗程、联合用药等。

4. 合理停药　在临床治疗中，根据病情的发展变化须更换药物时，或治疗目的已达到而需停用

药物时，合理停药就显得非常重要。若停药不合理，可引起停药后不良反应，出现所谓“反跳现象”。如糖皮质激素长期治疗后突然停药。有些药物的毒性作用在停药后仍可产生，如氨基糖苷类药物的耳、肾毒性。在联合用药中，由于药物之间的相互协同或相互制约关系，停用某药时，就必须相应减少或增加另一药物的剂量，建立新的平衡关系。例如，苯巴比妥的酶促进作用可加速安乃近的代谢，两药合用时就应增加安乃近的用量。而当突然停用苯巴比妥时，酶促作用消失，安乃近就须相应减少用量。

第四节　剂　　型

所谓剂型（forms）是指将药物制成有利于发挥疗效的不同形状。如片剂便于口服，适用于一般病人；注射剂起效快，适用于急救等。改革剂型也是提高药物疗效，降低不良反应的一条重要途径。如治疗顽固性哮喘的主要药物——皮质激素，由于口服量大，不良反应严重，改成气雾剂使用后，平喘剂量仅为口服量的1/10，且不良反应明显下降。有些药物，制剂的优劣能明显影响药物疗效。如氯霉素，地高辛等药物仅因制片工艺上的细微差别，可使药效产生显著差异。因此，了解药物剂型知识，有助于临床合理用药。

一、药物剂型的发展

从传统的膏、丹、丸、散剂型到目前最新的体内自调试给药系统，药物剂型有了长足的发展。而且，随着制药工艺的不断改进，对药理学、药剂学及其它相关学科知识的不断了解，药物剂型还会朝着高效、低毒、安全、方便的原则不断改进和创新，以极大地满足临床各类患者的需求。根据剂型发展的时间顺序，可分为以下几代剂型：

第一代剂型　简单加工供口服或外用的传统剂型。如膏剂、丸剂、散剂、糊剂等。

第二代剂型　为临床最常用剂型，工业自动化生产。如片剂、注射剂、胶囊剂、气雾剂等。此类剂型保存、运输及使用都很方便。

第三代剂型　以药动学理论为基础发展起来的缓释、控释给药系统。药物疗效与体内药物浓度有关而与给药时间无关。具有减少给药次数，较长时间维持体内药物有效浓度、疗效好、不良反应少等优点。如心血管药物、口腔牙周用药等。

第四代剂型　靶向给药系统。使药物在体内的选择性作用加强，药物浓度集聚于靶器官、靶组织、靶细胞。如抗癌药物。

第五代剂型　体内自调式给药系统。按机体时间药理学与生理节律同步的脉冲式给药，并可根据机体的信息反馈来调节给药，即发病高峰时体内释药量增加（所给药量与发病情况在药物安全范围内成正比），病情缓解时释药量减少或停止。如胰岛素制剂。

药物新剂型的应用将使缓释和控释给药系统进一步替代有血药峰、谷浓度的普通剂型。靶向性、脉冲式自调给药系统的应用也将逐步增加。但由于某种疾病和某种药物的给药系统不一定适合另一种疾病和药物，必须发展多种多样的给药系统来适应不同的治疗需要。

二、临床常用剂型

1. 溶液剂（solutions）　又称水剂，多为化学药物的澄明水溶液，可供内服与外用，如2%氯化钠溶液、4%的硼酸溶液。药物以甘油为溶剂制成的溶液，称甘油剂，供外用，如碘甘油。

2. 注射剂（injections）　是药物的无菌溶液或混悬液，供注射用。如盐酸肾上腺素注射剂。有的药物在溶液中不稳定，则以其灭菌的干燥粉末封装于安瓿中，称为粉针剂，临用时再制成溶液。如青霉素钠盐。

3. 酊剂（tinctures）　一般指生药用不同浓度的乙醇浸出而制成的澄清液体制剂，如澄皮酊。亦可用流浸膏稀释制成，如颠茄酊。某些化学药品的乙醇溶液也习惯称为酊剂。如碘酊、麝香草酚酊。

4. 乳剂（emulsions）　是指互不相溶的两种液体，如油类药物和水，经过乳化剂的处理，制成均匀而较稳定的乳状液体，常供内服用。如鱼肝油乳剂。

5. 膏剂（unguents）　是指药物加入至适宜基质中制成的半固体外用制剂。常用的基质有凡士林，羊毛脂，豚脂。用凡士林等做成的软膏能阻碍用药部位的热发散，称热性软膏；用含水羊毛脂等制成的软膏有利于用药部位的热发散，称凉性软膏。如克霉唑软膏。

6.糊剂（pastes） 成分和制法与软膏相似，专供外用。由于含有较大量的粉末（25%以上），故硬度较高，油腻较少，能吸收较多的患部渗出物。如口腔科常用的碘仿糊剂，氢氧化钙糊剂等。

7.栓剂（suppository）是供栓入身体不同腔道的一种软性制剂，重量和形状因用途而有差别。肛门栓剂是圆锥形，重约2g，阴道栓剂卵形或球形，重约5g。常用的基质有甘油、明胶、柯柯豆脂。

8.片剂（tablets） 是将药物加入赋形剂经压制而成的小圆片。片剂使用方便，多为口服，在胃肠道崩解吸收。此外，片剂可因需要制成不同片型，如多层片、植入片及肠溶片等。

9.丸剂（pills） 是一种最古老的剂型。通常是将药物细粉（常为中草药）加适当粘合剂制成小球，供口服。如银翘解毒丸、六神丸等。

10.散剂（powders） 是指一种或数种药物均匀混合而成的粉末状制剂。每一小包散剂代表一次用量，供内服或外用。如冰硼散，养阴生肌散。

11.胶囊剂（capsules） 将药物盛装于胶囊中即成。供内服。有硬胶囊剂和软胶囊剂两种。硬胶囊剂系将药物充填于硬囊中即成。软胶囊剂则系将油类或对明胶无溶解作用的液体药物或混悬液，封闭于球形或椭圆形的胶囊中形成。

12.膜剂（films） 又称药膜，是将药物溶解于或混悬于多聚物的溶液中，经涂膜、干燥制成。如口腔药膜用于阿弗他溃疡的治疗。

13.气雾剂（aerosolum） 是药物与喷射剂（液化气体或压缩气体）一起封于带有阀门的耐压容器内的液体制剂。使用时借助喷射剂气体的压力，将含有药物的溶液以极细的气雾喷射出来。如异丙肾上腺素气雾剂治疗支气管哮喘，盐酸羟甲唑啉喷雾剂治疗感冒引起的鼻塞症状等。

三、控释剂型

控释剂型（controlled-release forms）是指在一定时间内，药物能持久缓慢的从制剂中释放出来，维持有效药物浓度。它是根据药物动力学规律研究发展起来的一种新剂型，主要有缓释剂与控释给药系统。与临床常用的其它剂型相比，具有药效维持长久，疗效佳，不良反应少，使用方便，用药次数及用药剂量显著减少等优点。在临床已显示出良好的应用前景。

（一）基本原理

控释剂型种类很多，临床最常见的是膜扩散系统。该系统是将药物与高分子材料混合后，利用药物在高分子材料中的扩散过程来控制其释药的速度。该系统可分为贮库（reservoir type）与整体型（monolithic type，又称骨架型）两种类型。贮库型由药物贮库和控释膜组成，药物贮库由药物和高分子基质混合而成，控释膜是包在贮库外的一层高分子膜，贮库内的药物通过高分子膜的扩散过程释放出来，调节外膜的厚度和表面积便可达到控制药物释放的目的。整体型主要由药物和高分子材料构成，无控释膜，当外层药物释放出来后，外层的高分子基质便起到控释膜的作用。

贮库型与整体型两者释药速度有一定差别。贮库型因有控释膜，故能以恒速（零级速度）释药；而整体型因无控释膜，故初始释药时速度较快，随后才能恒速释药。

控释剂根据控释材料的降解性差异又可分为可降解型和非降解型两大类。

（二）口腔控释剂

由于口腔药物治疗具有以局部用药为主的特点，因而口腔控释剂的研究和应用亦相当广泛。如在龋病的防治，根管消毒、牙周病及口腔粘膜病治疗等，目前都有了控释剂型的应用。

1.氟化物控释剂 已应用于临床的氟化物缓释片、氟化物缓释膜、氟化物喷雾缓释剂、氟化物控释剂。与传统局部给氟方法相比，氟化物控释剂能显著升高唾液中氟浓度，且维持时间长，防龋效果好，剂量小，安全低毒。

2.牙周控释剂 传统的口服抗生素治疗牙周病虽然有效，但也存在很多不足。如全身用药剂量大，而局部药物浓度却不高，且可出现耐药菌株，菌丛失调及其他毒副作用。将抗生素制成缓释剂置于牙周袋内不仅克服了口服抗生素的很多缺点，而且提高了疗效，因而深受临床欢迎。目前已研制成功的牙周控释剂品种较多，如甲硝唑缓释膜、氯己定缓释管及四环素、多西环素缓释剂等。但多为非降解型缓释剂，而非降解型控剂因释药不完全，影响牙周愈合及使用不方便等缺点，故临床更倾向于采用可降解型控释剂。

3.根管控释剂 根管控释药物有甲醛甲酚，对氯苯酚、氯己定、醋酸间苯酚脂、季铵盐等。与

常规消毒方法相比，根管控释剂的优点有：①根管内有效药物浓度维持时间长，对牙本质小管、侧支根管等处的细菌均能有效杀灭；②有效预防根管再感染；③使用方便，安全低毒。

4. 口腔粘膜病治疗药物控释剂　某些口腔粘膜病如复发性口疮、扁平苔藓、大疱疮等具有慢性、复发性的特点，药物治疗常采用不良反应较常见的类固醇类激素，因此，将这些药物制成控释剂则能较好地满足这些疾病的治疗需要。

（肖忠革）

第二章　抗微生物药物

第一节　抗　生　素

一、青 霉 素 类

青霉素类抗生素均含有6-氨基青霉烷酸（6-APA）母核，具有共同的抗菌作用机制即影响细菌细胞壁合成，为繁殖期杀菌药。对人体毒性小，但可致过敏反应，各品种之间有交叉过敏反应，使用前均需做皮肤过敏试验。根据其抗菌谱及抗菌作用特点，可分成以下五类：

1. 天然青霉素　有青霉素G、青霉素V等。主要作用于革兰阳性菌及某些革兰阴性球菌和螺旋体。以青霉素G为临床最常用。

2. 耐酶青霉素　有甲氧西林、萘夫西林、苯唑西林、氯唑西林、双氯西林、氟氯西林等。本类青霉素的特点是耐青霉素酶，主要用于耐青霉素葡萄球菌感染的治疗。除甲氧西林外，其他品种均耐酸，口服吸收，可口服或注射给药。临床公认本组中最好的品种为氯唑西林。

3. 广谱青霉素　有氨苄西林、阿莫西林、依匹西林、海他西林、美坦西林、匹氨西林等。对革兰阳性及革兰阴性菌均有杀菌作用，耐酸可口服，但不耐酶。临床应用的品种主要是氨苄西林及阿莫西林。

4. 抗绿脓杆菌广谱青霉素　有羧苄西林、磺苄西林、替卡西林、阿洛西林、美洛西林、呋苄西林、哌拉西林、阿帕西林。此类青霉素抗菌谱与氨苄西林相似，其特点是对绿脓杆菌有良好抗菌活性。其代表性品种为哌拉西林。

5. 抗革兰阴性杆菌青霉素　有美西林、匹美西林、替莫西林等。为窄谱抗生素，主要对肠杆菌科细菌有较好抗菌活性。美西林与其他β-内酰胺类合用常有协同作用。

（一）青霉素

青霉素G（penicillin G）由青霉菌penicillium notatum等培养液中分离而得，临床常用其钾盐或钠盐。

【药理作用】　本品不耐酸，口服吸收差。肌注吸收好，半小时后血药浓度达到峰值，2～4小时胆汁浓度达峰值。广泛分布于组织、体液中，易透入炎症组织，难透入眼、骨组织、无血供区、脓肿腔及脑脊液中。血浆蛋白结合率为45%～65%，半衰期约为30分钟。主要经肾排泄。

本品对生长繁殖期的细菌有较强杀灭作用。对多数革兰阳性球菌（链球菌、肺炎球菌、敏感葡萄球菌）、革兰阴性球菌（脑膜炎球菌、淋球菌）有强大抗菌活性；对某些革兰阴性杆菌（白喉杆菌）、各种螺旋体、放线菌、梭状芽胞杆菌属等亦有较好的抗菌效果。

【临床应用】　青霉素G是多种感染治疗的首选抗生素。①肺炎球菌性感染引起的肺炎、脓胸、脑膜炎等；②A组或B组溶血性链球菌所致的各种感染，如咽炎、猩红热、蜂窝织炎、化脓性关节炎、肺炎、心内膜炎、败血症等；③敏感葡萄球菌所致感染，如化脓性脑膜炎；④淋球菌及梅毒螺旋体感染所致的淋病、梅毒；⑤革兰阳性杆菌感染所致的破伤风、白喉、炭疽病治疗时须与抗毒素并用。

肌肉注射：成人每日量为80万～320万u，可分3～4次给药；儿童每日量为3万～5万u/kg，可分2～4次给药。静脉滴注：成人每日为200万～2000万u，分2～4次给药；儿童每日量为20万～40万u/kg，分4～6次加入至少量葡萄糖液（50～100ml）作间歇快速滴注，0.5～1小时内滴注完毕。

【不良反应】　①过敏反应。发生率较高，可引起严重的过敏性休克；②毒性反应。肌注部位可发生周围神经炎，鞘内注射和全身大剂量应用引起肌肉痉挛、抽搐、昏迷等；③赫氏反应。指治疗梅毒时可出现症状加剧现象，表现为全身不适、寒战、发热、咽痛、肌肉痛、心跳加速等；④二重感染。治疗期间可出现耐药金色葡萄球菌、革兰阴性杆菌或白色念珠菌感染。

【注意事项】 ①用药前必须做过敏试验，过敏者禁用；②与其他β-内酰胺类抗生素可能发生交叉过敏反应；③本品可经乳汁使婴儿过敏，哺乳期妇女慎用。

【制剂规格】 注射用青霉素钠：0.24g(40万u)/瓶，0.48g(80万u)/瓶，0.6g(100万u)/瓶；注射用青霉素钾：0.25g(40万u)/支。

（二）苯唑西林钠

苯唑西林钠（oxacillum Sodium）为半合成的异噁唑类青霉素。

【药理作用】 耐酸、耐青霉素酶，口服自胃肠道迅速吸收，约0.5～1小时血药浓度达峰值。肌注后约半小时血浓度达峰值，有效浓度可维持6小时，血浆蛋白结合率可高达93%，主要在肝内灭活，半衰期为0.4小时。本品体内分布广，难透过血脑屏障。口服和肌注给药后，30%～40%由肾排泄，亦可经胆汁排出。本品对耐青霉素葡萄球菌有较强抗菌活性。

【临床应用】 主要用于耐青霉素葡萄球菌所致的各种感染，也可用于化脓性链球菌或肺炎球菌与葡萄球菌所致的混合感染。

口服：成人每日量为2～6g，儿童每日量为50～100mg/kg，均分4～6次空腹给药。肌肉注射：1次1g，每日3～4次。口服，肌注均较少用。静脉滴注：1次1～2g，必要时加至3g，溶于100ml输液内0.5～1小时滴完，每日3～4次；儿童每日量为5～10mg/kg，分次给予。

【不良反应】 ①口服可出现恶心、呕吐、腹泻等胃肠道反应；②大剂量注射时可引起抽搐等神经中毒反应；③婴儿用药后可出现血尿、蛋白尿等急性间质性肾炎症状。

【注意事项】 ①与青霉素有交叉过敏反应，用药前须做过敏试验；②与庆大霉素、四环素、磺胺嘧啶、去甲肾上腺素、间羟胺、维生素B族、维生素C、水解蛋白等配伍禁忌；③阿司匹林、磺胺药能阻止本品与血浆蛋白结合，故两者同用时要适当减量。

（三）阿莫西林

阿莫西林（amoxillin）为对位羟基氨苄西林，又名羟氨苄青霉素。

【药理作用】 为广谱抗生素。对革兰阳性及阴性菌均有作用。不耐酶，对产酶菌无效。对肠球菌及革兰阴性菌有较强抗菌活性，对肺炎双球菌与变形杆菌作用强于氨苄西林。

本品耐酸，口服吸收好。口服及肌注后达峰时间分别为2小时和1小时，半衰期为1～1.3小时。给药后6小时尿中排出量为药量的45%～68%。

【临床应用】 主要用于敏感菌所致的呼吸道、尿路、胆道感染及伤寒。

成人：每日量1～4g，分3～4次；儿童每日量为50～100mg/kg，分3～4次给药。

【不良反应】 副作用发生率为5%～6%，常见为胃肠道反应、皮疹等。

【注意事项】 ①青霉素过敏者禁用；②传染性单核细胞增多症患者慎用或禁用；③不宜与口服避孕药同服。

【制剂规格】 胶囊：0.25g；干糖浆：125mg/包；口服混悬液：125mg/5ml，250mg/5ml。

二、头孢菌素类

头孢菌素为一簇半合成抗生素，均含有7-氨基头孢烷酸（7-ACA）的母核，在3位及7位碳原子上加入不同的基团，形成具有不同抗菌活性和药动学特性的各种头孢菌素。头孢菌素类具有抗菌作用强、临床疗效高、毒性低、过敏反应较青霉素少等优点。根据头孢菌素的药动学与抗菌作用特点将其分为三代。

第一代头孢菌素抗菌谱窄，主要作用于革兰阳性菌，抗菌活性强于第二、三代，对革兰阴性菌效差，对β-内酰胺酶不稳定，半衰期偏短，多在0.5～1.5小时内，脑脊液浓度低，对肾脏有一定毒性。目前临床上主要使用的品种有头孢噻吩、头孢唑啉、头孢氨苄、头孢拉定。

第二代头孢菌素抗菌谱较第一代广，对革兰阳性菌作用与第一代相仿或略差，对多数革兰阴性菌作用明显增强。对β-内酰胺酶较稳定，除个别品种（头孢尼西）外，半衰期仍偏短，脑脊液中浓度较高，肾脏毒性小。其代表性品种头孢呋辛、头孢孟多、头孢克洛。

第三代头孢菌素抗菌谱广，对革兰阳性菌效差，对革兰阴性菌，特别是肠杆菌科细菌有强大抗菌活性，对β-酰胺酶稳定，半衰期延长，能透入脑脊液中，对肾脏几乎无毒性。其代表性品种有头孢噻肟、头孢曲松、头孢他定、头孢派酮等。

（一）头孢唑林钠

头孢唑林钠（cefazolin sodium）又名先锋霉素Ⅴ，为半合成的第一代头孢菌素。

【药理作用】 本品对金黄色葡萄球菌（包括产酶菌株），肺炎链球菌、化脓性链球菌、大肠杆菌、奇异变形杆菌、克雷白杆菌、流感嗜血杆菌等有较强抗菌活性。对革兰阴性菌所产生的β-内酰胺酶不稳定，易产生细菌耐药性。

本品肌注后1～2小时血药浓度达峰值，血浆蛋白结合率为74%～86%，半衰期为1.8小时。除脑组织外，全身分布良好，80%～90%给药量于24小时内自尿中排出。

【临床应用】 主要用于治疗敏感菌所致的呼吸道感染、败血症、感染性心内膜炎、肝、胆系统感染、尿路感染、皮肤软组织感染、心脏手术和胆囊切除术的预防感染用药。

肌内或静脉注射。成人：1次0.5～1g，每日3～4次，病情严重者可适当增加剂量，但不超过每日10g为限。预防手术感染可手术前半小时肌内或静脉内给药1g，术中给0.5～1g，术后每6～8小时给0.5～1g。儿童每日量为50～100mg/kg，分3～4次给药，病情较重可适当增加剂量。

【不良反应】 不良反应发生率较低。偶见皮疹、荨麻疹、发热、血清病样反应等过敏症状。肌肉注射可出现局部疼痛，静脉注射可致静脉炎。

【注意事项】 ①青霉素过敏者及肾功能不全者慎用；②供肌肉注射剂有时含利多卡因，不可误注静脉内。

【制剂规格】 粉针剂：0.2g，0.5g。

（二）头孢呋辛钠

头孢呋辛钠（cefuroxime sodium）又名头孢呋肟，为半合成的第二代头孢菌素。

【药理作用】 对多数革兰阳性菌有良好抗菌活性。对大肠杆菌、奇异变形杆菌、肺炎杆菌、普鲁威登菌、流感杆菌、奈瑟菌属等革兰阴性杆菌等有较强作用。对葡萄球菌和某些革兰阴性杆菌的β-内酰胺酶稳定。是第二代头孢菌素中抗菌作用较突出的品种。

肌注后0.5～1小时血药浓度达峰值，血浆蛋白结合率为30%～50%，半衰期为1.1～1.4小时。体内广泛分布于各组织、体液中。脑膜炎时可透过血脑屏障在脑脊液中达治疗浓度。24小时内药物大多数以原形从肾排出。

【临床应用】 主要用于敏感菌所致的呼吸道感染、尿路感染、细菌性脑膜炎、败血症的治疗。还可用于胃切除、胆囊切除，胸外科及妇科大手术等预防术后感染用药。

肌注或静脉注射。成人：每8小时给0.75～1.5g，病情严重者可增加至6g。儿童：每日量为30～100mg/kg，分3～4次给药。

【不良反应】 常见为肌注部位疼痛、皮疹、血清转氨酶升高等。偶见静脉炎、嗜酸性粒细胞增多、血红蛋白降低或Combs试验阳性。

【注意事项】 ①对青霉素过敏者慎用；②不可与氨基糖苷类抗生素置同一容器中注射；③与高效利尿药联合应用可致肾损害。

【制剂规格】 粉针剂：每瓶0.25g，0.5g，75g，1.0g，1.5g。

（三）头孢噻肟钠

头孢噻肟钠（cefotaxime sodium）又名头孢氨噻肟、凯福隆。为半合成的三代头孢菌素。

【药理作用】 对革兰阴性菌特别是肠杆菌科细菌有极强的抗菌活性。流感杆菌和淋球菌（包括产β-内酰胺酶菌珠）对本品高度敏感。阴沟杆菌、产气杆菌、脆弱类杆菌对本品有耐药性。

口服不吸收，肌注后半小时血药浓度达峰值。血浆蛋白结合率为40%，半衰期约为1.2小时。体内分布较广，胆汁中浓度高，难透过血脑屏障。24小时内约60%给药量以原形肾排。

【临床应用】 用于治疗敏感菌所致的败血症、脑膜炎、呼吸道感染、尿路感染等疗效佳。也可作为其他组织或器官感染的治疗或手术预防用药。

肌肉或静脉注射给药。成人及12岁以上儿童：每次1～2g，每日2次；严重感染可加大剂量，但最高不超过每天12g，分3～4次给药。早产儿和新生儿按每天50mg/kg分2次给药。婴儿和儿童按每天50～100mg/kg分2～4次给药。最高剂量可达200mg/kg，分3～4次给药。淋病、单次剂量0.5～1.0g，肌注。

【不良反应】 发生率约为3%～5%。常见为皮疹、药物热、胃肠道反应，静脉炎。部分患者可出现短暂性碱性磷酸酶、血清转氨酶升高。偶见腹泻、头痛、麻木、呼吸困难和面部潮红。罕见有白

细胞减少或血小板减少。

【注意事项】 ①对青霉素过敏者及肾功能严重障碍者慎用；②长期应用可致伪膜性结肠炎；③本品与氨基糖苷类抗生素合用时不能混合在一容器中，应分开注射给药。

三、非典型β-内酰胺类

（一）头霉素类

抗菌谱广，对革兰阴性杆菌作用较强，对多种β-内酰胺酶稳定。对厌氧菌包括脆弱类杆菌有良好抗菌活性。临床常用于口腔外科、腹部外科和妇产科等需氧菌和厌氧菌的混合感染。主要代表性品种有头孢西丁（cefoxitin）、头孢美唑（cefmetazole）。

（二）碳青霉烯类

为抗菌谱最广，抗菌作用最强的一类抗生素，对β-内酰胺酶高度稳定，且本身又有抑制作用，故具有广谱、强效、耐酶、抑酶等特点。临床应用较广的品种为亚胺培南/西司他丁的合剂，称为泰宁（tienam）。主要用于多重耐药菌、产酶菌所致的革兰阴性菌感染、混合感染、病原菌不明或免疫缺陷者感染。

（三）单环类

抗菌谱较窄，对革兰阳性菌和专性厌氧菌活性低，但对革兰阴性菌，包括假单胞属有强大杀菌作用，具有耐酶、低毒、与青霉素交叉过敏反应等优点。临床应用的品种为氨曲南（aztreonam），用于革兰阴性菌所致的严重感染。

（四）氧头孢烯类

抗菌谱广，对革兰阴性菌有较强的抗菌活性，对厌氧菌包括脆弱类杆菌亦有良好作用，对多种β-内酰胺酶稳定，血药浓度维持时间久。拉氧头孢（latamoxel）为代表性品种，但因影响凝血功能，大剂量用药时可导致出血倾向。

（五）β-内酰胺酶抑制剂

对β-内酰胺酶有较强抑制作用，但本身无抗菌活性，与β-内酰胺类抗生素合用时能显著增强后者的抗菌作用。临床应用的品种有克拉维酸（clavulantic acid，棒酸）与阿莫西林的合剂称为奥格门汀（augmentin），以及舒巴坦（sulbactam，青霉烷砜）与氨苄西林的合剂称为优立新（unasyn），主要用于产酶菌所致的各种感染治疗。

四、氨基糖苷类

氨基糖苷类抗生素系一个氨基环醇与一个或多个氨基糖分子通过配糖链连接而成。包括：①由链丝菌属培养滤液中获得者如链霉素、卡那霉素；②由小单孢菌属的培养滤液中获得者如庆大霉素、西索米星；③半合成品种有阿比米星、奈替米星等。本类抗生素具有以下共同特点：①易溶于水及稳定性好；②口服吸收差，须肌肉注射或静脉滴注给药；③对各种需氧革兰阴性菌如大肠杆菌、克雷伯菌属、肠杆菌属、变形杆菌属具有高度抗菌活性；④作用机制主要是抑制细菌蛋白质合成，具杀菌作用；⑤与血浆蛋白结合率低，多数以原形经肾排泄；⑥细菌对不同品种有部分或完全交叉耐药性；⑦均具有不同程度的耳、肾毒性及神经肌肉阻滞作用。

（一）庆大霉素

庆大霉素（gentamicin）由小单孢菌所产生，含有C_1、C_{1a}、C_2等组分。

【药理作用】 抗菌谱广，对大肠杆菌、产气杆菌、克雷伯杆菌、奇异变形杆菌、绿脓杆菌、沙雷菌属、枸橼酸杆菌以及葡萄球菌等有较强抗菌活性。链球菌、肺炎球菌和厌氧菌对本品耐药，由于本品临床应用广泛，耐药菌株呈逐年递增之势。

肌注后0.5～1小时血药浓度达峰值。主要分布于细胞外液，与血浆蛋白结合率低，具有效与安全的血药浓度较低（4～8mg/L）。半衰期为2～3小时，主要经肾排泄，部份经胆汁入肠排出。

【临床应用】 主要用于敏感菌所致的严重感染，如败血症、尿路感染、胆道感染、呼吸道感染、烧伤感染、皮肤软组织感染等。

肌注，1次80mg，每日2～3次，间隔8小时。重症感染1日用量可达5mg/kg。静滴，1次80mg，溶于100ml液体中于半小时内滴完，每日3次。新生儿每日2～4mg/kg，分次给药。

【不良反应】 ①肾、耳毒性。如蛋白尿、血尿、尿量减少及耳鸣、听力模糊等。②神经肌肉阻滞症状。如呼吸困难、嗜睡、极度软弱无力等。

【注意事项】 ①用药期间须监测血药浓度，特别是新生儿、老年人及肾功能不全者；②停药后若发现听力减退、耳鸣等应引起警惕；③严格掌握用药剂量与疗程。

【制剂规格】 注射剂：每支 40mg（1ml），80mg（2ml）。

（二）奈替米星

奈替米星（netimycin）又名乙基西梭霉素，为半合成氨基糖苷类抗生素。

【药理作用】 抗菌作用与庆大霉素相似。但对葡萄球菌和其他革兰阳性球菌的作用优于其他氨基糖苷类抗生素。对细菌所产生的多种钝化酶稳定，但仍可被乙酰基转移酶钝化而失活。对肺炎球菌，各组链球菌的作用较差，对肠球菌属和厌氧菌无效。

肌注后 0.5～1 小时的血浓度达峰值，半衰期约为 2.5 小时。广泛分布于各种体液和主要脏器中，脑脊液和胆汁中浓度低。主要经肾以原形排出。

【临床应用】 主要适用于严重革兰阴性杆菌感染，或与青霉素或头孢菌素类联合用于病因未明的发热患者的经验治疗。

成人：每日 4～6mg/kg，分 2～3 次肌注或静滴。新生儿（<6 周）：每日 4～6.5mg/kg；婴儿和儿童：每日 5～8mg/kg，分 2～3 次肌注或静滴。

【不良反应】 耳、肾毒性低，其余与庆大霉素相似。

【注意事项】 疗程中宜定期监测血药浓度及肾功能变化。

【制剂规格】 注射剂：1ml（50mg），2ml（100mg），2ml（150mg）。

五、四环素类

四环素类是一类具有共同基本母核——氢化骈四苯的广谱抗生素。天然获得者有四环素、土霉素、金霉素，由链霉菌产生；半合成品种有多西环素、米诺环素等。此类抗生素具有以下共同特点：①抗菌谱广，对多数革兰阳性菌及阴性杆菌有较好抗菌活性，对立克次体、支原体、衣原体、螺旋体及某些原虫有抑制作用；②细菌耐药性日趋严重，但对半合成四环素的耐药性较天然四环素轻；③口服吸收良好，半合成四环素的吸收不受食物影响；④胆汁中药物浓度较高，不易通过血脑屏障。半合成四环素在前列腺中达有效浓度；⑤主要经肾排泄，肾功能不全时，四环素易在体内积聚，而多西环素则不受影响；⑥四环素主要用于布鲁菌病、霍乱、回归热、衣原体感染和立克次体病，半合成四环素可用于一般细胞感染治疗；⑦不良反应主要有胃肠道反应，肝肾毒性、过敏反应、二重感染及儿童牙齿变黄等；⑧四环素类能抑制胶原酶活性、促进牙周组织再生、作用较持久，而胶原酶对牙周组织具有溶胶原作用，造成牙周支持组织的破坏，因此四环素类在辅助牙周炎的治疗及降低活动性牙周炎的复发率均有良好疗效。

（一）四环素

四环素（tetracycline）由链霉菌制备而得，临床用其盐酸盐。

【药理作用】 为广谱抗生素，对大多数革兰阳性和阴性杆菌，包括流感杆菌、布鲁菌属、霍乱弧菌等均具有一定抗菌活性、对立克次体、支原体、衣原体、螺旋体及某些原虫有抑制作用。作用机制主要是干扰细菌蛋白质合成，属抑菌剂。

口服吸收不完全，吸收率约为 30%～70%，且易受食物、二价、三价阳离子（Ca^{2+}、Mg^{2+}、Al^{3+}）和抗酸药物的影响。体内分布广泛，难透过血脑屏障。与血浆蛋白结合率约为 30%，半衰期为 8～9 小时，主要以原形经肾排泄，也可经肝浓缩排入胆汁，形成肝肠循环。胆汁中药物浓度为血液浓度的 10～20 倍。

【临床应用】 由于细菌对四环素耐药日趋常见，故临床主要用于治疗非细菌感染，如衣原体感染、立克次体病、支原体肺炎、回归热等。细菌感染治疗可用于布鲁菌病、霍乱，或敏感菌所致的呼吸道、胆道、尿路和皮肤软组织感染。

口服，成人：1 次 0.25～0.5g，每日 4 次；小儿每日量为 25～50mg/kg，每日 4 次。

【不良反应】 ①胃肠道反应；②长期应用可引起二重感染；③牙釉质或骨骼发育不良；④肝、肾损害；⑤过敏反应，如药物热、皮疹等。

【注意事项】 ①孕妇、婴幼儿及儿童均不宜使用；②肝、肾功能减退者慎用；③不宜与钙盐、铁盐或铝盐等同时服用。

【制剂规格】 片剂：每片 0.25g；胶囊剂，每粒 0.25g；注射剂：每瓶 0.5g；软膏：每支 10g（含四环素 300mg）；眼膏：每支 2g（含四环素 100mg）；四环素可的松眼膏：每支 2g（含四环素 5mg）。

（二）多西环素

四环素（tetracycline）又名强力霉素，为土霉素的脱氧产物。

【药理作用】 抗菌谱和四环素相似，但抗菌作用强2～10倍，对四环素耐药的金葡菌有效。

口服吸收好，不受食物影响，全身广泛分布，脑脊液中浓度较高。药物大部分经胆汁排入肠腔形成肝肠循环，半衰期长达20小时。大部份药物经肠随粪便排泄，仅少部份经肾排出。故肾功能减退时仍可应用。

【临床应用】 用于敏感菌所致的呼吸道感染如老年慢性支气管炎、肺炎、麻疹肺炎及泌尿道和胆道感染的治疗。

口服。首次0.2g，以后每次0.1g，每日1～2次。8岁以上儿童，首剂4mg/kg；以后每次2～4mg/kg，每日1～2次。疗程一般为3～7日。

【不良反应】 常见为胃肠道反应，皮疹及二重感染少见。

【注意事项】 8岁以下小儿及孕妇，哺乳妇禁用。

【制剂规格】 片剂：每片0.05g；0.1g。胶囊剂：每粒0.1g。

六、大环内酯类

大环内酯类抗生素是由链霉菌产生的一类碱性抗生素，其分子中含有一个14或16元大环内酯结构。具有①抗菌谱较窄，细菌对不同品种有不完全交叉耐药性；②在碱性环境中抗菌活性较强；③除酯化物外，口服不耐酸；④组织浓度高于血浓度，不易透过血脑屏障；⑤主要经胆道排泄，毒性低等特点。本类抗生素为速效抑菌剂，一般不用于严重感染的治疗，只适用于轻、中度感染。近年上市的一些新大环内酯类抗生素，如罗红霉素、阿齐霉素、克拉霉素等，具有比红霉素更广的抗菌谱，更强的抗菌活性，半衰期长、趋组织性好的优点，已受到临床的广泛注意。

（一）红霉素

红霉素(erythromycin)由链丝菌(S.erthreus)分离而得。

【药理作用】 对金黄色葡萄球菌（包括产酶株），表皮葡萄球菌、肺炎球菌、各组链球菌和革兰阳性杆菌具有强大抗菌活性；脑膜炎球菌、流感杆菌、百日咳杆菌、布鲁菌属等革兰阴性杆菌对本品敏感。除脆弱类杆菌和梭杆菌外，对各种厌氧菌有一定抗菌活性。此外，对军团菌属、某些螺旋体、肺炎支原体、立克次体属和衣原体也有抑制作用。其作用机制是与细菌核蛋白体的50S亚基结合，抑制细菌蛋白质的合成。由于本品应用广泛，细菌耐药性已明显增加。

本品空腹口服肠溶片250mg后，药物在十二指肠内溶解吸收，血峰浓度于3～4小时到达，平均为0.3mg/L。蛋白结合率为44%～78%。体内分布广，胆汁中浓度可为血浓度的30倍，但难透过正常的血脑屏障。半衰期为1.2～4小时，主要经胆汁排泄，部分在肠道中重吸收。约有10%～15%以原形经尿排泄。

【临床应用】 主要用于敏感菌所引起各种感染的治疗。如扁桃体炎、肺炎、猩红热、丹毒和眼、耳、鼻、喉感染。临床上常用红霉素作为对青霉素过敏者的替代药物。

成人剂量每日1.2～2.0g，儿童每日30～50mg/kg，分3～4次服用。本品以空腹口服较佳，肝功能和肾功能障碍者应减量。

【不良反应】 ①常见为胃肠道反应，如恶心、呕吐、腹胀、腹泻；②少数可出现药物热、荨麻疹等过敏反应；③可致碱性磷酸酶、胆红素、谷丙转氨酶和谷草转氨酶升高。

【注意事项】 ①本品可渗入乳汁及透过胎盘屏障，故孕妇及哺乳期妇女慎用；②严格按医嘱用药，以确保其疗效；③口服红霉素肠溶片时，应整片吞服，以免遭胃酸破坏；④红霉素可使茶碱、卡马西平、华法令等药物的作用加强，合用时须注意。

【制剂规格】 肠溶片剂：0.1g，0.125g，0.2g，0.25g，眼膏剂：0.5%、1%，软膏剂：1%；栓剂：0.1g、0.2g。

（二）阿齐霉素

阿齐霉素（azithromycin）为15元半合成的大环内酯类抗生素。

【药理作用】 抗菌谱与红霉素相近，抗菌活性较强。对流感嗜血杆菌、淋球菌的作用比红霉素强4倍；对军团菌的作用则强2倍；对绝大多数革兰阴性菌的MIC＜1μg/ml。通过作用于50S核糖体亚单位而抑制细菌蛋白质的合成发挥抗菌作用。

本品口服生物利用度高，半衰期长，为40～50小时，组织中浓度明显高于血液中浓度。

【临床应用】 主要用于呼吸道、皮肤、软组织及泌尿生殖系统的感染。

用法：成人首日剂量500mg，以后每日250mg，每日1次；儿童10mg/kg。连服3日。

【不良反应】 主要为恶心、呕吐、腹痛、腹泻等胃肠道反应。偶见皮肤过敏反应。

【注意事项】 肝功能不全者应慎用。妊娠期哺乳期妇女不宜使用。

【制剂规格】 薄膜包衣片：150mg。

（三）克拉霉素

克拉霉素（clarithromycin）为新一代14元半合成的大环内酯类抗生素。

【药理作用】 抗菌谱与红霉素相似，抗菌活性较强。对多数革兰阳性菌、革兰阴性及厌氧菌有效。对肺炎球菌、流感嗜血杆菌、卡他布兰汉菌、嗜肺军团菌的抗菌活性较罗红霉素、阿齐霉素要强2～4倍。对化脓性链球菌、百日咳杆菌、幽门螺旋杆菌、包氏螺旋体、嗜肺军团菌、沙眼衣原体、肺炎支原体、鸟型结核分枝杆菌的抗菌活性是大环内酯类抗生素中最强的。

口服迅速吸收，2小时后血药浓度达峰值，生物利用度为55%。全身广泛分布，组织渗透性强。主要经肝脏代谢，其代谢产物14-羟克拉霉素亦具有较强抗菌活性，与克拉霉素联合对流感嗜血杆菌及其他病原菌产生协同或相加作用。主要经肾脏排泄，30%～40%以原形或活性代谢物经肾脏排泄。半衰期为3.5小时。

【临床应用】 用于敏感菌所引起的呼吸道感染、泌尿道感染、皮肤软组织感染的治疗。本品与阿莫西林、奥美拉唑三联疗法，能有效治疗幽门螺旋杆菌引起的胃、十二指肠溃疡。

成人每次250mg，每12小时1次，严重者可增至每次500mg。

【不良反应】 发生率低，可有胃肠不适、头疼、皮疹等。转氨酶可暂时性增高。

【注意事项】 孕妇及对大环内酯类过敏者禁用。

【制剂规格】 片剂250mg/片。

第二节 合成抗菌药物

一、磺胺类药物

磺胺类药物（sulfonamides）是化学合成上市最早的一类抗菌药。其分子中均含有氨苯磺胺的基本结构。此类药物具有抗菌谱较广，口服吸收快或不吸收，性质稳定、不易变性、价格低廉等优点而在临床应用广泛。特别是磺胺增效剂——甲氧苄啶的问世，显著提高了磺胺类药物的抗菌效能，使其在抗细菌感染治疗中仍占有重要地位。

磺胺药可分为口服易吸收，口服不易吸收及局部用药三类。口服易吸收者用于治疗各系统感染；口服不易吸收者仅用于治疗肠道感染；局部用磺胺作为皮肤粘膜感染的外用药物。口服易吸收磺胺根据其在体内药效持续时间的长短又分为短效、中效和长效三种：①短效磺胺，一次给药后有效药物浓度可维持4～8小时，半衰期＜8小时。如磺胺塞唑、磺胺异噁唑。②中效磺胺，一次给药后有效药物浓度维持10～24小时，半衰期约为10～15小时，如磺胺甲噁唑和磺胺嘧啶，皆为目前临床主要应用品种。③长效磺胺，其有效药物浓度维持时间及半衰期均达24小时以上，如磺胺多辛、磺胺甲氧嘧啶。

复方磺胺甲噁唑

复方磺胺甲噁唑（sulfamethoxazole complex）为磺胺甲噁唑（SMZ）与甲氧苄啶（TMP）的复方制剂。

【药理作用】 本品对大肠杆菌、变形杆菌、奇异变形杆菌、克雷白菌属、莫根杆菌、志贺菌属、伤寒杆菌、流感杆菌、金葡菌均有良好的抗菌作用。本品所含SMZ和TMP有协同抗菌作用。SMZ抑制二氢叶酸合成酶，TMP抑制二氢叶酸还原酶，使细菌的叶酸代谢受到双重阻断，从而发挥较强的抑菌杀菌作用。

本品吸收进入体内后，SMZ和TMP在血液中浓度之比为20:1，尿药浓度之比为1:1～5:1。24小时内自尿中排出给药量的50%。

【临床应用】 ①用于治疗急性单纯性尿路感染，疗效佳。用法：成人口服，每次2片，每日2次，可连服10天；小儿每日用量为SMZ40mg/kg

+TMP8mg/kg，每日2次。②预防尿路感染的反复发作。用法：睡前排空膀胱后，顿服本品1/2～1片，或3～4倍于本剂量，每周1～2次，连服3～6个月。③呼吸道感染的治疗，特别是对慢性支气管炎的急性发作有较好疗效。用法：口服，每次3片，每日2次或每次2片，每日3次。老年或肾功能较差者应酌情减量，疗程为10～14天。④用于敏感菌所致伤寒，副伤寒以及其他沙门菌属等引起的感染。用法：口服，每日2次，每次2片，疗程为2～3周。

【不良反应】主要表现为SMZ和TMP所致的不良反应：①胃肠道反应，恶心、呕吐或头痛、眩晕、乏力等神经精神症状；②过敏反应，如药疹、剥脱性皮炎、渗出性多形红斑等；③肝肾功能损害；④血液系统反应，如粒细胞减少或缺乏、贫血、血小板减少、溶血性贫血蛋白尿；⑤高胆红素血症和新生儿核黄疸。

【注意事项】①妊娠哺乳期妇女禁用；②肝肾功能下降者不宜用；③早产儿及新生儿不宜用；④与呋喃苯胺酸、砜类、噻嗪类利尿药、磺脲类、碳酸酐酶抑制剂之间可发生交叉过敏反应；⑤本品与口服抗凝药、口服降糖药、甲氨蝶呤、苯妥英钠、硫贲妥钠同用时，可取代这些药物的蛋白结合部位或抑制其代谢，使药物血浓度增高，作用时间延长而产生毒副反应，故应避免同时应用。

【制剂规格】片剂：每片含SMZ0.4g，TMP 0.08g。针剂：每支2ml，含SMZ0.4g，TMP0.08g。

二、喹诺酮类

喹诺酮类（quinolones）又称吡啶酮酸类，其分子中均含有吡啶酮的基本结构。根据药物的上市时间，抗菌活性，药动学特点，将此类药物分为三代。第一代，抗菌谱窄，仅对少数革兰阴性杆菌有效，且细菌易产生耐药性，不良反应多见，临床已被淘汰，如萘啶酸；第二代，抗菌谱有所扩大，抗菌活性亦有提高，不良反应少见，多用于尿路和肠道感染的治疗，如吡哌酸；第三代，为近年来合成的抗菌谱较广，抗菌活性高，含氟喹诺酮类衍生物，对多数革兰阴性杆菌有强大抗菌作用，细菌耐药性极少，口服吸收好，组织和体液中药物浓度高，不良反应轻微，在临床治疗中占有主导地位，如诺氟沙星、依诺沙星、培氟沙新、氧氟沙新、环丙沙星等。

（一）氧氟沙星

氧氟沙星（ofloxacin）又名氟嗪酸，为第三代喹诺酮类药物。

【药理作用】本品对葡萄球菌、链球菌、肺炎链球菌、淋球菌、大肠杆菌、枸橼酸杆菌、志贺杆菌、肺炎克雷白杆菌、肠杆菌属、沙雷杆菌属、变形杆菌、流感嗜血杆菌、不动杆菌、螺旋杆菌等有较好的抗菌作用。对部分厌氧菌、绿脓杆菌、沙眼衣原体、肺炎支原体有一定抗微生物活性。对革兰阴性杆菌（需氧菌）的抗菌活性高于诺氟沙星、依诺沙星、培氟沙星，较环丙沙星略差。

口服吸收好，体内分布广泛。口服400mg，达峰时间为2～3小时，血峰浓度为5～6mg/L，半衰期为5～7小时。主要经肾排泄，24小时给药量的70%～80%自尿中以药物原形排出。胆汁中药物浓度约为血浓度的7倍。

【临床应用】主要用于敏感菌所致的呼吸道、泌尿道、皮肤及软组织、胆道、耳鼻喉等感染的治疗。

口服，每日200～600mg，分二次服用。可根据病情适当调整剂量。

【不良反应】①胃肠道反应：恶心、呕吐、腹胀、腹泻等；②神经系统反应：头痛、头晕、失眠等；③变态反应：皮疹、瘙痒等。

【注意事项】①肾功能障碍者慎用；②孕妇及哺乳妇女禁用。

【制剂规格】片剂：0.1g/片。

（二）环丙沙星

环丙沙星（ciprofloxacin）为第三代喹诺酮类药物。

【药理作用】抗菌谱广，抗菌活性强于其它氟喹诺酮类。对革兰阴性肠杆菌科细菌有极强抗菌活性。对淋球菌、链球菌、军团菌、金黄色葡萄球菌、脆弱类杆菌亦有良好抗菌作用。

口服可吸收，生物利用度约为52%，体内分布广。服药后1.5小时血药浓度达峰值。半衰期为3～5小时。主要经肾排泄，部分由肠道随粪便排出。

【临床应用】适用于敏感菌所引起的呼吸道、泌尿道、消化道、胆道、皮肤与软组织、腹腔、耳鼻喉科感染及败血症等的治疗。

①口服，成人每次250～500mg，每日2次。②静脉滴注，每次100～200mg，每日2次。预先用等渗氯化钠或葡萄糖注射液稀释，滴注时间不少于30分钟。

【不良反应】 偶见恶心、呕吐、腹泻、腹痛、眩晕、头痛、皮疹等。症状轻微，停药后可消失。

【注意事项】 ①孕妇、哺乳期妇女及未成年者不宜使用；②避免与抗酸药物、氨茶碱等同服。

【制剂规格】 片剂：0.2g/片，0.25g/片；针剂：100ml含200mg。

三、硝基咪唑类

（一）甲硝唑

甲硝唑（metronidayole）又名灭滴灵。

【药理作用】 有较好的抗滴虫和抗阿米巴原虫作用；对革兰阳性、阴性厌氧菌及脆弱类杆菌有较强的杀灭作用，对需氧菌则无效。

口服吸收良好，给药后1～2小时血药浓度达峰值。本品体内分布广泛，可进入唾液、乳汁、肝脓疡的脓液中，亦可透过血脑屏障进入脑脊液中。半衰期约为6～12小时，主要经肾排泄，其20%以原药排出，少量由皮肤及粪便排出。

【临床应用】 ①抗阴道滴虫感染及治疗肠道、肠外阿米巴病；②治疗各种厌氧菌引起的局部或系统感染。如腹腔、消化道、女性生殖系、下呼吸道、皮肤及软组织、骨和关节感染及牙周炎等。

治疗厌氧菌感染，口服0.2～0.4g，每日2～4次，疗程5～10日，静脉滴注，首剂15mg/kg，维持量7.5mg/kg，每8～12小时滴注1次，每次1小时。

【不良反应】 ①消化道反应常见，有恶心、呕吐、厌食、腹痛等；②过敏反应，有荨麻疹、皮肤瘙痒；③神经系统症状，有眩晕、共济失调、多发性神经炎等；④可引起二重感染，如假膜性肠炎。

【注意事项】 ①本品偶尔可致严重不良反应，如严重过敏反应及神经精神症状，临床应注意观察；②可抑制酒精代谢，故用药期间戒酒。

【制剂规格】 片剂0.2g/片。注射剂：0.5g/250ml。

（二）替硝唑

替硝唑（tinidaxdc）为新一代5-硝基咪唑衍生物。

【药理作用】 具有较强的抗原虫和抗厌氧菌作用。与甲硝唑相比，本品具有口服后血药浓度高，半衰期长（$t_{1/2}$=12～14小时），有效浓度持续时间长等优点。

【临床应用】 ①用于厌氧菌所致的各种感染，如腹腔、妇科、手术创口、皮肤软组织、肺、胸感染，牙周炎及败血症等；②阿米巴病、阴道滴虫病、贾弟虫病的治疗。

抗厌氧菌治疗：口服，每日2g，分1～2次服用。手术预防用药，术前12小时服2g，手术间或结束后输注1.6g。

【不良反应】 与甲硝唑类似。

【注意事项】 ①孕妇及哺乳期妇女禁用；②有血液病史者及器质性神经系统疾病禁用。③服药期间禁酒。

第三节 抗真菌药

目前临床常用的抗真菌药可以分为以下几类：①抗真菌抗生素。除灰黄霉素仅对浅部真菌有效外，其他都属治疗深部真菌感染药物。此类药物中最有效者为两性霉素B，但因其毒性大而限制了它的应用；②氟胞嘧啶，此药毒性低，但抗真菌谱窄，且真菌易对其产生耐药性，常与两性霉素B联合应用治疗严重深部真菌感染；③咪唑类抗真菌药，此类药物发展较快，近年来不断有新药上市，是临床抗真菌治疗的重要药物。具有抗真菌谱广，毒性低，可口服等优点。

一、制霉菌素

制霉菌素（nystatin）属多烯类抗真菌药。

【药理作用】 本品具有广谱抗真菌作用，对念珠菌的抗菌活性最高。对曲菌、粗球孢子菌、隐球菌、组织胞浆菌、皮炎芽生菌亦有疗效。其作用机制为药物与敏感真菌细胞膜上的甾醇结合，损伤膜的通透性，导致细胞内重要物质如钾离子、核苷酸和氨基酸等外漏，从而破坏细胞正常代谢，抑制其生长。

本品口服不吸收，几乎全自粪便排出。局部应用后皮肤粘膜不吸收。

【临床作用】 ①口服治疗消化道真菌感染，多为念珠菌肠炎；②甘油悬液涂擦治疗口腔念珠菌感

染；③皮肤粘膜念球菌感染，可外用其软膏或甘油悬液制剂。

口服，成人剂量为每日200万～400万u，小儿每日5万～10万u/kg，分3～4次服用，疗程2周。

【不良反应】 可发生恶心、呕吐、腹泻等消化道反应，停药后可消失

【注意事项】 不宜作深部真菌感染治疗用药。

【制剂规格】 片剂：10万u/片，50万u/片；混悬液：100万u/ml；软膏：10万～20万u/kg。

二、氟　康　唑

氟康唑（fulconazole）为氟化三唑类抗真菌药。

【药理作用】 具广谱抗真菌作用，对浅、深部真菌均有良好抗菌活性，特别对念球菌、隐球菌的抗菌活性高，对曲菌的作用较差。本品体外抗菌活性不及酮康唑。作用机制与酮康唑相似。

口服吸收后，体内分布广，组织液及体液中药物浓度高于血药浓度1～2倍，可透过血脑屏障。大部分以原形从肾排出。

【临床应用】 ①对慢性皮肤粘膜念珠菌感染、艾滋病患者口咽部念珠菌感染疗效较好；②对酮康唑疗效不佳者有效；③对深部真菌所致的各种感染疗效佳。

用于治疗皮肤粘膜念珠菌感染，成人每日50～100mg，疗程7～14日；治疗严重深部真菌感染，成人首剂400mg，以后每日200～400mg，疗程视疾病状况而定。

【不良反应】 ①轻度胃肠道反应；②皮疹等过敏反应；③头痛、头晕、失眠等神经系统反应；④可出现一过性血清转氨酶及血肌酐值的升高。

【注意事项】 ①与同类药物过敏者禁用；②定期检查肝、肾功能。

【制剂规格】 片剂：50mg；胶囊：50mg，150mg；注射液：500ml（100mg）。

第四节　抗病毒药

临床抗病毒药物种类较多，但疗效令人满意者却不多见。这主要是因为病毒的结构和增殖方式不同于细菌，它们缺乏自身的酶系统，必须寄生细胞内，借助于宿主细胞内的各种酶系合成自身的核酸和蛋白质才能生长繁殖，从而使药物在对病毒产生作用的同时亦对宿主细胞产生杀伤作用，影响了药物疗效。抗病毒药物的作用机制各异，本节所介绍的三种抗病毒药磺苷、阿昔洛韦及利巴韦林通过在体内磷酸化成——磷酸、二磷酸及三磷酸的衍生物，竞争DNA多聚酶，抑制病毒DNA的合成，进而阻碍病毒核酸的复制。

一、阿　昔　洛　维

阿昔洛维（aciclovir）又名无环鸟苷，为化学合成抗病毒药。

【药理作用】 本品可选择性地被感染细胞所摄取，在细胞内经酶转化为三磷酸化合物，抑制疱疹病毒的DNA多聚酶、阻止病毒复制。对本品敏感的病毒依次为单纯疱疹病毒Ⅰ型、Ⅱ型、带状疱疹病毒及EB病毒。

口服吸收不完全，生物利用度为15%～30%。口服400mg，1.5小时后血峰浓度为1.2μg/ml。静注5mg/kg血峰浓度为10μg/ml，8小时后可降至0.7μg/ml。体内分布广，可透过血脑屏障，脑脊液浓度为血浓度的50%。半衰期为2.5小时，主要经肾排出，肾功能减退者，其半衰期明显延长。

【临床应用】 适用于单纯疱疹病毒（Ⅰ、Ⅱ型）所致的感染，包括有免疫缺陷宿主皮肤、粘膜疱疹的复发，原发性及继发性生殖道疱疹及新生儿疱疹的治疗。局部应用治疗疱疹性角膜炎。

①生殖道疱疹病毒感染，成人剂量：初次发作，口服200mg，每日5次，疗程7～10日。反复发作者，口服200～400mg，每日2～5次，连续6～24个月。长期用药，病毒可出现耐药性。5%软膏局部应用对复发性口唇及生殖道疱疹有效。②单纯疱疹性脑炎，成人每次10～12.5mg/kg，每8小时静滴1次，疗程不少于10天。③免疫缺陷者预防疱疹病毒感染，口服本品每次200～400mg，每日4次，严重患者250mg/m² 体表面积，每8小时静滴1次，连续6周。④EB病毒感染，成人剂量每次10mg/kg，每8小时静滴1次，疗程7天。对肾功能减退者应根据肌酐清除率调整用法用量。肌酐清除率为每分钟20～50ml/m² 者，每12小时给药1次；肌酐清除率为每分钟10～25ml/m² 者，改为每24小时给药1次；若肌酐清除率为0～10ml/m² 者，剂量改为2.5mg/kg。每24小时给药

1次。

【不良反应】 ①消化道反应，如恶心、呕吐、腹泻等；②可出现头痛、头晕、关节痛；③偶见皮疹、发热、乏力、失眠、咽痛、肌痉挛、淋巴结肿大；④局部用药可引起用药部烧灼感；⑤静脉给药可致静脉炎，偶可见精神混乱、幻觉、震颤、嗜睡、抽搐甚至昏迷。

【注意事项】 ①静脉给药时宜缓不宜快；②定期检查肾功能；③与甲氨蝶呤或干扰素合用时，或大剂量应用时应严密观察神经系统不良反应。

【制剂规格】 片剂：200mg，400mg；混悬液：5ml，200mg；粉针剂：250mg；软膏：5%；眼膏：3%。

二、利巴韦林

利巴韦林（ribavirin）又名病毒唑、三氮唑核苷等。

【药理作用】 为单磷酸次黄嘌呤核苷（IMP）脱氢酶抑制剂。可干扰病毒核酸的合成。本品对多种病毒均有抑制作用。对本品敏感的DNA病毒有疱疹病毒、腺病毒和痘病毒；敏感的RNA病毒有甲型与乙型流感病毒、呼吸道融合病毒、副流感病毒、麻疹病毒、砂粒病毒、布拉尼病毒等。

口服本品600mg后1～1.5小时达血峰浓度1.3mg/L，半衰期为2小时，主要由肝脏代谢，约1/3药物由肾排出，不易透过血脑屏障。

【临床应用】 ①可用于疱疹病毒，呼吸道病毒感染治疗；②小儿腺病毒肺炎、流行性出血热早期治疗；③急性甲型肝炎、麻疹等。

每日3～4次，每次200mg；注射，每日10～15mg/kg分两次给药，静滴宜慢；滴眼，浓度0.1%，每日4～5次，用于疱疹性角膜炎治疗；滴鼻，用0.5%溶液。每小时滴鼻一次，预防流感。

【不良反应】 大剂量长期应用可引起贫血、游离胆红素升高，网织细胞升高和皮疹等，停药可恢复正常。其它可见头痛、腹部痉挛、易疲劳等。

【注意事项】 ①动物试验可致畸，孕妇特别是妊娠最初三个月内禁用；②不宜大剂量应用，否则易产生毒性反应。

【制剂规格】 片剂：100mg；注射剂：100mg/ml；滴鼻剂：0.5%；滴眼剂：0.1%。

三、碘苷

碘苷（idoxricine）又名疱疹净。

【药理作用】 主要供局部应用。本品在病毒复制过程中渗入病毒DNA，抑制DNA的合成，对单纯疱疹带状疱疹病毒有抑制作用，对痘病毒和巨细胞病毒亦有一定作用。缺乏胸腺嘧啶激活酶的病毒可能对本品耐药。全身用药后体内迅速代谢成碘尿嘧啶、尿嘧啶与碘，由尿排出而失去抗病毒作用。本品与血浆蛋白不结合，不易透入角膜组织。

【临床应用】 由于本品毒性大，故仅限于局部应用。0.1%眼药水和0.5%眼药膏用于单纯疱疹角膜炎，疗程2～3周。本品配成5%二甲亚砜溶液可局部涂于单纯疱疹或带状疱疹皮损处，一日4次，疗程4天，严重带状疱疹皮损可用本品的40%二甲亚砜溶液局部敷，敷料可保持24小时，但疗程不超过4天。

【不良反应】 局部反应偶见痛、痒、结膜炎、水肿等刺激作用。

【注意事项】 本品不可全身应用。角膜溃疡较深者疗程不宜过长，亦不宜与硼酸溶液同时局部应用，以免引起角膜穿孔。

【制剂规格】 滴眼液：0.1%，眼膏：0.5%。

（肖忠革）

第三章　镇痛药物

口腔颌面部炎症、创伤、肿瘤及各种类型手术几乎都会给病人带来不同程度的疼痛。药物治疗是对抗疼痛的基本方法。镇痛药是主要作用于中枢神经系统，选择性抑制痛觉的药物，如阿片受体激动药，主要包括阿片生物碱，半合成或合成的阿片类镇痛药，镇痛作用强，但易产生耐受性及成瘾。非麻醉性镇痛药如非甾体抗炎药及其他抗炎镇痛药，其主要作用部位在外周，通过抑制局部前列腺素合成，提高痛阈起到镇痛作用，当然也不能排除中枢作用机制。

对顽固疼痛，世界卫生组织推荐用“三阶梯疗法”进行治疗。第一阶梯为非阿片类镇痛药，适用于轻度疼痛患者；第二阶梯为弱阿片类药物，适用于中度疼痛患者，必要时可联合使用非阿片类镇痛剂。第三阶梯为强阿片类药，适于剧烈疼痛者，必要时可联合使用弱阿片类药物。三阶梯疗法主要代表性药物分别为阿司匹林，可待因和吗啡。

使用镇痛药物时要密切观察病情，合理用药，减少不良反应。

第一节　镇　痛　药

一、哌　替　啶

哌替啶（pathidine）又名度冷丁（dolantin）。

【药理作用】　哌替啶是人工合成的强效镇痛药，可作用于中枢神经系统的阿片受体，是阿片受体的完全激动药，可选择性解除或缓解疼痛，是吗啡的合成代用品。其镇痛效力相当于吗啡的1/10～1/8，肌注 50mg，可提高痛阈达 50%，肌肉注射后 10 分钟即可发挥镇痛作用，可持续 2～4 小时，同时伴有镇静作用，10%～20%病人可有欣快感。可抑制呼吸中枢，减低其对体内蓄积的二氧化碳的敏感性，这种抑制作用在肌肉注射后 1 小时达高峰，2 小时后恢复。因能增强前庭器官敏感性，可引起眩晕、恶心和呕吐。可促使外周血管扩张，从而引起体位性低血压。对胃肠道、胆道、输尿管及支气管的平滑肌有兴奋作用。对胃肠道平滑肌作用较弱，故不易引起便秘。对内脏痛治疗效果显著。

该药口服、注射均易吸收，但口服时易引起胃肠道紊乱，皮下注射有一定刺激性，故常用肌肉注射途径。吸收后 60%药物与血浆蛋白结合，在肝内代谢，经尿排出游离型或代谢型产物，肝内代谢产物去甲哌替啶可引起中枢兴奋，大剂量时可引起惊厥。血浆半衰期为 3 小时，肝功能不良时，血浆半衰期可延长。

【临床应用】　①镇痛　适用于各种剧烈疼痛的镇痛，如手术后、创伤后、烧伤疼痛、晚期癌肿疼痛等。治疗内脏绞痛时应配合应用阿托品等解痉药物。可用于严重的分娩疼痛，但在新生儿娩出前 2～4 小时禁用，以免抑制新生儿呼吸。②麻醉前用药　可起到镇静，缓解病人紧张焦虑作用，也有助于缩短麻醉诱导期，减少麻醉药物用量。③人工冬眠　与氯丙嗪、异丙嗪合用，组成人工冬眠合剂用于人工冬眠，但不宜用于呼吸机能不良者及 1 岁以下婴儿。④其他　在配合吸氧、强心药物治疗的情况下，可用于心源性哮喘及肺气肿。

口服：成人每次 50～100mg，极量 150mg，每日可用 3 次，每日极量 600mg。小儿每次 0.5～1mg/kg，每日可用 3 次。肌肉注射：成人每次 25～100mg，极量 150mg，每日可用 3 次，每日极量 600mg。两次用药间隔时间不得少于 4 小时。硬膜外注射：一次注射量 0.5～0.6mg/kg，用生理盐水 6～10ml 稀释，可起到 8～20 小时镇痛作用。

【不良反应】　治疗剂量可发生轻度不良反应，如眩晕、定向力障碍、幻觉、震颤、口干、恶心、呕吐、心动过速及血压下降等。

剂量过大时可引起呼吸抑制、昏迷、瞳孔散大、谵妄、肌痉挛、惊厥乃至衰竭死亡。可用巴比妥类药物、地西泮等进行解救，对呼吸抑制者可用纳洛酮解救。

连续使用可成瘾，引起精神依赖性与身体依赖性，用药则欣快、松弛，以致病人渴望用药，为达目的不择手段。一般在断药后 3 小时可发生戒断症

状，如肌肉抽动、肢体疼痛、激动不安、烦躁、恶心、呕吐、腹泻及食欲不振等，8～12小时达到高峰，4～5天消失。

【注意事项】 ①禁用于颅脑损伤、颅内系统性病变患者，有阻塞性肺部疾患，肺功能不良及支气管哮喘的病人。②不宜用于孕妇、哺乳期妇女及婴幼儿。③避免连续长期使用。④伴有剧烈疼痛但原因不明者慎用。⑤停用单胺氧化酶抑制剂2周以上方可应用本药，否则可能发生严重不良反应。

二、阿法罗定

阿法罗定（alphaprodine）又名安依痛（anadol）。

【药理作用】 人工合成短效镇痛药，化学结构与哌替啶相似，亦为阿片受体激动剂。起效时间短但镇痛效力较哌替啶弱，皮下注射5分钟即有镇痛效果，可维持约2小时，静脉注射维持30分钟，抑制呼吸的不良反应较轻。

【临床应用】 适用于短时止痛的临床情况，如创伤及小手术的疼痛及面痛、牙痛等。用于内脏镇痛时需配合应用阿托品。

皮下注射：每次10～20mg，每日20～40mg，极量为每次30mg，每日60mg。静脉注射每次20mg。

【不良反应】 类似哌替啶，但较弱。

【注意事项】 因可引起新生儿窒息，分娩时慎用。

连续应用可有成瘾性，故勿长期连续应用。

三、布桂嗪

布桂嗪（bucinnazine）又名强痛定（butylcinnamylpyrazinum）。

【药理作用】 非麻醉性速效镇痛药，注射后10分钟、口服后10～30分钟起效，镇痛效力为吗啡的1/3，对皮肤、粘膜、运动器官疼痛有较好的抑制作用，但对内脏疼痛效果较差。

【临床应用】 适用于创伤、手术后疼痛，三叉神经痛、肌肉关节疼痛、偏头痛、痛经及癌症疼痛。

口服：成人每次30～60mg，每日3～4次，小儿每次1mg/kg。皮下注射：成人每次50mg。

【不良反应】 较少，可能有恶心、眩晕、困倦等，停药可消失。长期应用可能产生依赖性。

【注意事项】 避免长期连续使用本药，一般情况下连用勿超过2日，断续应用勿超过一周。

第二节 抗炎镇痛药

前列腺素是由细胞膜合成的重要生物活性物质，由花生四烯酸在前列腺素合成酶作用下生成，为一组含5个碳环的长链不饱和脂肪酸，在发热、疼痛、炎症等病理过程中发挥重要作用。动物实验证实，注射前列腺素至脑室、丘脑下部可引起发热，发热的动物脑脊液中前列腺素样物质增加2.5～4倍。慢性炎症或损伤时，局部前列腺素及其他致痛物质如缓激肽等分泌增多。前列腺素可直接引起疼痛，并提高神经末梢对致痛物质的敏感性。前列腺素还可致炎，并增强缓激肽、组胺与5-羟色胺等的致炎效能。

非甾体抗炎镇痛药均抑制花生四烯酸环化，阻止前列腺素合成。在中枢通过阻断内热源对丘脑下部体温调节中枢的作用，降低其兴奋性，增强散热过程，起到解热作用。在损伤化学刺激区或炎症反应区，使前列腺素合成、释放减少，并阻断其疼痛增敏作用，使痛觉感受器对致痛物质的兴奋性减低，从而起到镇痛作用。对风湿及类风湿病人，还起到抗炎、抗风湿作用，但对风湿病程没有影响。

一、布洛芬

布洛芬（ibuprofen）又名异丁苯丙酸（brufen）。

【药理作用】 本品为苯丙酸衍生物，可抑制前列腺素合成酶，减少前列腺素合成，被认为是最安全的非甾体类抗炎镇痛药，与阿司匹林比较，解热作用较优，镇痛作用相等或较优，抗炎作用相当。

口服吸收好，血药浓度1～2小时可达高峰，生物利用度80%，吸收后99%与血浆蛋白结合，血浆半衰期2～2.5小时，可缓慢进入关节滑膜腔，并保持较高浓度。在肝脏代谢，主要经尿排出。

【临床应用】 适于治疗风湿、类风湿关节炎、骨关节炎、强直性脊柱炎、牙痛、头痛、痛经、术后疼痛等，适于轻度至中度钝性疼痛的治疗。

成人每次0.2～0.4g，每日3次或3～4小时1次，餐中服用可减少胃肠道反应。抗风湿治疗时可

每次1.0g，每日5～8g，一周后减至每日3g。儿童剂量5～10mg/kg，每日3～4次。

其缓释剂型称为芬必得，每次0.3～0.6g，每日2次，每次可维持药效12小时。

【不良反应】 胃肠道反应发生率约30%～40%，多为轻度消化不良及胃肠道刺激症状，较阿司匹林、消炎痛易耐受，中枢神经系统反应常见失眠、头痛、眩晕、耳鸣等。对造血系统，可使出血时间延长，引起血细胞减少症。可引起肾病综合征、肾功能衰竭，肝功能减退。可引起过敏反应如皮疹、瘙痒、哮喘等，与阿司匹林有交叉过敏。可引起中毒性弱视。对孕妇可引起产程延长及难产。

【注意事项】 孕妇、哺乳妇女、哮喘患者禁用。高血压、肾功能不全、消化道溃疡病及凝血功能缺陷者慎用。与抗凝药合用时，可使其游离型血药浓度增加，应注意避免。

二、吲哚美辛

吲哚美辛（indomethacin）又名消炎痛（indocin）。

【药理作用】 人工合成吲哚衍生物，属强效前列腺素酶抑制剂，尚可抑制炎症病灶中粒细胞的移动，减少其释放溶酶体酶，减少细胞炎症反应。在非甾体类抗炎镇痛药中，镇痛作用较强的，50mg相当于阿司匹林600mg的效力。抗炎作用比阿司匹林强，较氢化可的松抗炎作用大2倍。解热作用则接近阿司匹林。

口服吸收迅速，1～3小时达血药浓度高峰，4小时可吸收90%，吸收后90%与血浆蛋白结合，血浆半衰期为3～4.5小时，但不同个体差异较大。50%经肝代谢，60%经肾排泄，48小时内50%由尿中排出，其余通过胆汁、粪便排出。

【临床应用】 适用于风湿性关节炎、强直脊柱炎、急性痛风关节炎、关节滑膜炎、关节囊炎、月经痛、偏头痛、胆绞痛，癌症发热以及其他不易控制的发热。因易发生严重不良反应，不能作为一般解热镇痛药使用。适于中度疼痛的控制。不宜首选作为抗风湿、类风湿治疗，只有在其他药物不能耐受或疗效差时使用。成人每次25mg，每日2～3次，餐中或餐后立即服，治疗风湿、类风湿时可每周递增25mg至每日总量100～150mg。胶囊制剂可减少反应。市售栓剂每粒100mg，可每日1～2次，连用10日为1疗程。

【不良反应】 35%～60%病人发生不良反应，20%病人可能被迫停药。最常见为胃肠道反应，可引起恶心、呕吐、厌食、腹泻，诱发或加重消化道溃疡、出血、穿孔。25%～60%病人可有中枢神经系统症状，如头痛、嗜睡、眩晕、幻觉、抑郁、精神失常等。对泌尿系统可加重已有肾损害，引起血尿、尿痛、尿频、肾功能减退。

偶可引起肝功能损害，造成黄疸、转氨酶升高。可引起造血系统损害，造成粒细胞缺乏、血小板减少、再生障碍性贫血及凝血机制障碍等。可引起过敏反应，如血管神经性水肿、皮疹、哮喘等，与阿司匹林交叉过敏。

【注意事项】 孕妇、哺乳期妇女、哮喘、上消化道溃疡、肾病、癫痛、精神病人禁用，幼儿及老年人慎用。

与羧苯磺胺合用应减少消炎痛剂量以免中毒。避免与氨苯蝶啶合用，以免引起肾损害。避免与抗凝药、阿司匹林同时使用。

三、双氯芬酸钠

双氯芬酸钠（diclofenac sodium）又名扶他林（Voltaren），为苯乙酸类消炎镇痛药钠盐制剂，其钾盐制剂亦有市售商品供应（凯扶兰）。

【药理作用】 通过抑制前列腺素、组胺及5-羟色胺合成起到抗炎镇痛作用。口服易吸收，1～4小时达峰浓度。经肝代谢，主要经肾排出，少量经胆汁从粪便排出，因排泄快速，不产生蓄积。

【临床应用】 适用于风湿性、类风湿性关节炎、骨关节炎治疗，创伤、手术后疼痛，神经痛及癌症疼痛的镇痛。有中等强度镇痛效果，其药效比吲哚美辛强约2倍。

口服：成人每次25～50mg，每日3次，可在饭前服以减少胃部刺激。肌肉注射：每次75mg，每日1次，应作臀肌深部注射。栓剂：50mg/次，每日2次。凝（乳）胶剂可外用涂敷患处。

【不良反应】 多数病人耐受本品，偶可见恶心、上腹不适等消化道症状，眩晕、头痛等神经系统症状，血管神经性水肿、皮肤红斑等过敏反应。偶可致严重不良反应，如急性肾功能不全、暴发性肝炎、粒细胞缺乏及溶血性贫血等。

【注意事项】 ①胃肠道功能紊乱，消化道溃

疡，肝肾功能不全，孕妇慎用。②与糖皮质激素合用可能增加不良反应，应避免与阿司匹林、非甾体抗炎药、抗凝血药、甲氨蝶呤等合用，以免药物相互作用，产生不良后果。

第三节 其他镇痛药物

一、卡马西平

卡马西平（carbamazepine）又名酰胺咪嗪（tegretol）。

【药理作用】 苯二氮䓬类衍生物，结构与抗抑郁药阿米替林类似，是电压依赖性钠通道阻滞剂，延长动作电位兴奋期，对大脑皮层运动区有选择性抑制作用，可抑制癫痫病灶高频放电的扩散，抑制、阻滞中枢神经突触传递，因而具有抗癫痫、镇痛、抗心律失常效力，另可刺激抗利尿激素释放，加强远端肾小管水分全吸收，具有抗利尿作用。

口服吸收缓慢且不完全，4～8小时达峰值，血浆半衰期14～29小时，75%～80%与血浆蛋白结合。在肝脏代谢，代谢物环氧化物具有抗惊厥活性。代谢物由肾脏排出。血药浓度超过10μg/ml时出现中毒。

【临床应用】 60年代用于临床，对癫痫病部分性发作疗效较好，对大发作亦有效，常用于妇女、儿童自发性或症状性癫痫的首次治疗；对躁狂及抑郁症有治疗作用。可对抗地高辛中毒所致心律失常，治疗神经源性尿崩症。对原发三叉神经痛、舌咽神经痛效果较好，用药后24小时起效，约80%病例有效。可配合神经阻滞进行治疗。疼痛缓解后可调至合适剂量维持。长期应用时25%失效，疗程应控制在2～3个月内。

作为镇痛剂使用可治疗三叉神经痛、舌咽神经痛、多发性硬化、急性特发性神经炎，预防偏头痛等。

成人每次0.1g，饭后用，开始每日2次，以后可每日或每2日增量0.1g至有效，一般每日0.4～0.8g，3～4次服完，一日极量1.2g。

如因漏服补服时不得一次服双倍剂量。

【不良反应】 约25%的病人发生不良反应，血药浓度超过6μg/ml时可引起头晕、嗜睡、手指震颤，大剂量时可引起视力模糊、复视、共济失调、房室传导阻滞。胃肠道反应不常见，且较轻微，主要表现为恶心、呕吐、食欲不振、上腹部疼痛等。

长期用药可诱发中毒性肝炎、一过性粒细胞减少及血小板减少、再生障碍性贫血、甲状腺功能减退、皮疹、剥脱性皮炎等。

急性中毒时可致肌肉抽动、舞蹈样动作、共济失调、惊厥，反射消失、呼吸抑制、昏迷。

【注意事项】 ①用药应从小剂量开始，逐渐增量，大剂量时应监控血药浓度。②治疗期间定期作血、尿常规及肝功能检查。③妊娠头3个月、有房室传导阻滞或骨髓抑制史者禁用。④孕妇、哺乳妇女、老年人及心、肝、肾疾病患者慎用。⑤与口服抗凝血药，含雌激素避孕药、甲状腺素、利福平、多西环素、环孢菌素、洋地黄素（地高辛除外）等合用时可使本品代谢加速，治疗失败。⑥与抗抑郁药、大环内酯抗生素、异烟肼、西咪替丁、丙氧芬等合用时，因本品代谢受到抑制，血药浓度升高，易引起中毒。⑦其他不宜合用的药物：对乙酰氨基酚、碳酸酐酶抑制药、氯磺丙脲、脑垂体后叶素、氯贝丁酯、锂盐、甲硫达嗪、单胺氧化酶抑制药物等。

二、苯妥英钠

苯妥英钠（phenytoinum natricum）又名大仑丁（Dilantin）。

【药理作用】 本品为电压依赖性钠钙通道调节剂，影响神经细胞膜的阳离子通透性，减少钠离子被动内流速率及钾离子外流，抑制钙离子转运系统，减少钙离子内流，导致细胞膜稳定，神经细胞兴奋阈值提高，从而阻止病灶发放的冲动向外发放及传播。同时还增加脑中抑制性递质，降低兴奋性递质含量，加强了γ-氨基丁酸介导的突触前、突触后抑制。对神经细胞膜稳定作用是其治疗癫痫、神经痛、心律失常的药理基础。

口服后约30%～97%被肠道缓慢吸收。成人4～6小时，儿童2～6小时达峰值，由于个体差异，达峰时间可在2～12小时间波动。血浆半衰期24小时±6小时。90%与血浆蛋白结合，10%以游离型存在，易于达到脑组织发挥药效。95%在肝内代谢，经肝药酶作用而失活，代谢物与少量原型药主要经尿排出，5%经唾液排出。

肌肉注射易沉淀于局部，5小时吸收，24小时达峰，与口服相比无优点，静脉注射血浆半衰期10～15小时。

【临床应用】 抗癫痫，适用于全身强直性发作，复杂部分性发作及单纯部分性发作。因起效慢，常用于预防癫痫复发及维持治疗，慢性癫痫病停止发作后需经6个月减量过程，服用2～4年。

作为镇痛剂治疗三叉神经痛，约2/3患者有效，服药后1～2天疼痛减轻，但长期服用仅20%患者有效，其疗效不如卡马西平、布洛芬。

成人每次100～200mg，每日2～3次，初始从300mg/d开始，每2～4周增加50～100mg/d剂量，维持量300～400mg/d。成人可将全日量睡前一次服或分二次服。

静注时，剂量为10～15mg/kg，静注速度不宜超过50mg/分。

【不良反应】 长期服用者至少15%发生不良反应。最常见的为食欲下降，恶心呕吐，40%～80%可能发生牙龈增生，为纤维细胞增生所致，如在用药头6个月注意口腔卫生，血药浓度适当，可控制牙龈增生发生率在10%以下。此外常见不良反应为头痛、困倦、幻觉、嗜睡及眩晕。

急性中毒时可出现前庭性眼征（眼球震颤、眩晕及复视）及体位障碍，重者惊厥、昏迷。眼球震颤是轻度中毒最早、最可靠的客观体征，增加药量时应注意观察。长期应用可能引起骨髓抑制，巨幼细胞贫血，过敏性药疹、剥脱性皮炎，假性淋巴瘤，偶见恶性淋巴瘤，肝、肾功能损害、慢性中毒可致小脑萎缩。

【注意事项】 ①婴幼儿及妊娠初期、哺乳期妇女慎用。②用药从小剂量开始，缓慢增量。因有效剂量与中毒剂量接近，甚至重叠，需监测血药浓度，使剂量个体化。③人群中9%个体有遗传性羟基化过程缺陷，对苯妥英钠不能耐受，应予注意。④用药过程中定时作血常规及肝功检查，静脉注射时应做心电图、血压监测。⑤Ⅱ-Ⅲ房室传导阻滞患者禁用。⑥同时服用维生素B_6、B_{12}、叶酸可能减少并发症。⑦下列药物合用易致苯妥英钠中毒：磺胺类、异烟肼、双香豆素，对氨水杨酸、环丝氨酸、冬眠灵；下列药物可降低苯妥英钠血液浓度：酰胺咪嗪、抗生素、奎尼丁等。

（史宗道）

第四章　局部麻醉药

局部麻醉药是指作用于神经末梢或神经干即能暂时性制止或阻滞神经冲动的产生和传递，从而产生神经末梢所在区域感觉麻痹或神经干支配区感觉及运动麻痹而不对神经造成损伤的药物，随着其作用消失，外周神经功能也即刻恢复。

从 1884 年首次将可卡因用于眼科手术局部麻醉，迄今已合成一系列具有局部麻醉效果的化学物质，结构上均由亲脂性芳香环、烷基中间链及亲水性胺基部分（叔胺基或仲胺基）构成，可分为酯类及酰胺类两大类。

局部麻醉药的作用机制与可逆性地封闭钠通路、抑制神经细胞膜除极化有关。在神经接受刺激时，神经细胞膜微孔开大对钠离子通透性增强，钠离子大量流入细胞内，出现除极化。局部麻醉药脂溶性芳香环部分可透入神经细胞膜，与膜形成可逆性的结合，堵塞微孔，影响钠离子流入细胞内，从而阻断除极，影响了冲动的产生与传导。

属酯类的局部麻醉药有普鲁卡因、丁卡因等，在体内部分为血浆中酯酶水解，部分在肝内代谢，可能形成半抗原，易引起过敏；酰胺类均在肝内降解，代谢产物无明显药理作用。药物在体内分布与器官组织的血液循环丰富程度有关，血循环丰富的器官分布较多。代谢产物一般由肾脏排出。局部麻醉药阻断神经传导的敏感性与神经纤维类型的关系见表 15-4-1：

表 15-4-1　局部麻醉药阻断的敏感性与神经纤维类型的关系

神经纤维类型	功能	轴径（μm）	髓鞘	传导速度（m/s）	阻断敏感性
A 型					
α	本体感觉、运动	13～22	+++	70～120	+
β	触压觉	8～12	+++	30～70	++
γ	肌梭传出	4～8	++	15～30	++
δ	锐痛、温觉、触觉	1～3	++	12～39	+++
B 型	植物神经节前纤维	1～3	+	3～15	++++
C 型	节前交感纤维	0.1～2.5	−	0.2～1.5	++++
脊根	疼痛	0.4～1.2	−	0.5～2.3	++++
交感神经	节后纤维	0.3～1.3	−	0.7～2.3	++++

从表 15-4-1 中可见有无髓鞘及神经纤维粗细影响局部麻醉药的作用敏感程度。感觉消失的顺序依次为痛觉、温觉、触觉、深部感觉，其次是运动功能。

在局部麻醉药中加入肾上腺素，可收缩局部血管，减少局部麻醉药吸收，从而减少不良反应、延长局麻作用时间，增加神经阻滞强度。但部分病人可能出现肾上腺素引起的不良反应，如头晕、心动过速、焦虑烦躁、肌肉震颤等，应注意与局麻药引起的毒性反应相鉴别。

按局部麻醉药的应用方式不同，局部麻醉可有以下五种类型：

表面麻醉，一般是将局部麻醉药涂布于粘膜表面，穿过粘膜麻醉神经末梢产生无痛状态。

浸润麻醉：注射局部麻醉药物于组织内，直接麻醉注射区域神经末梢。

传导麻醉：注射局部麻醉药于神经干附近，阻滞神经干传导功能，使其支配区组织达到麻醉效果。

硬膜外麻醉：注射局部麻醉药于硬膜外腔中，使其沿神经鞘扩散，穿过椎间孔阻断神经根传导功能。

蛛网膜下腔麻醉：又称腰麻，是将局部麻醉药物注射于腰椎蛛网膜下腔中，麻醉该区脊神经根。

局部麻醉药物过量中毒主要影响中枢神经系统和心血管系统，也可引起过敏、正铁血红蛋白血症等。

中枢神经系统中毒的表现轻时为镇静、头昏、

痛阈提高，稍重表现为眩晕、抽搐、痉挛性惊厥、继而转入昏迷、呼吸衰竭。心血管系统的中毒可表现为心肌收缩力降低，传导速度下降、心搏微弱、心排出量降低、室性早搏增多，室颤，节前纤维麻痹，可致血管扩张血压剧降，心血管系统虚脱可致死亡。过敏反应轻者可表现为皮疹、血管神经性水肿、关节疼痛、重者可表现为支气管痉挛、血压下降、甚至引起心脏骤停。正铁血红蛋白达 30% 以上时应按急诊处理，否则也可危及生命。

临床应用时应采取最低有效浓度、最小剂量和个体化原则，医师应熟悉所用局部麻醉药物的性能，可能发生的不良反应等必要知识。用药前注意询问病史、准备好抢救药品和抢救设施，缓慢注射，边注射边观察病人临床状况，一旦出现毒性反应预兆，及时停药，对危及循环呼吸系统的重症组织有效的抢救。

第一节　组织浸润及神经干阻滞局部麻醉药

一、普鲁卡因

普鲁卡因（procaine）又名奴弗卡因（Novocaine）。

【药理作用】　属对氨基甲酸酯类，临床应用其盐酸盐。在组织内扩散力差，有扩血管作用。注射后 1～3 分钟起麻醉作用，持续 30～60 分钟后麻醉效果迅速消失，属短效局麻药。不能穿透皮肤、粘膜，故无表面麻醉作用。注射剂量过大或短时间内经静脉大量注射药物，血液浓度 6μg/ml 以上时，可引起中毒反应。偶有引起过敏反应者。

静脉滴注速率为 1mg/（kg·min）时，其镇痛作用相当于 15mg 吗啡的镇痛效应，对中枢系统有抑制作用，可作静脉复合或静吸复合全麻用药。药物进入人体后大部分被血浆胆碱酯酶水解生成双氨基苯甲酸和二乙基氨基乙醇，前者 80%，后者 30% 经肾排出；后者 70% 被肝脂酶水解。少量进入体内的普鲁卡因由肝脏代谢。代谢产物多由肾脏排出。浓度愈大，吸收愈快，但浓度超过 5% 时可引起局部神经损伤、神经炎、神经坏死。加入 1/20 万肾上腺素后，麻醉时间延长 20% 以上。

【临床应用】　浸润麻醉：常用浓度 0.25%～0.5%，成人一次剂量不超过 500mg 为宜（加 1/20 万肾上腺素后用量可酌增），极限量 1.0g。新生儿浓度宜用 0.125%，1 岁以下婴儿宜 0.25%，一次剂量不超过 5mg/kg 为宜。

阻滞麻醉：常用浓度 1%～2%，加入肾上腺素的浓度及剂量同浸润麻醉。

蛛网膜下腔麻醉：常用浓度 3%～5%，宜与麻黄碱联合应用，以对抗其扩张外周血管、血压降低的作用。一次量不宜超过 150mg。

静脉复合麻醉：在麻醉诱导后施行，以 1mg/（kg·min）速率滴注安全有效。

【不良反应】　注射速度过快、剂量过大或直接注入静脉时可引起中毒反应，轻者表现为耳鸣、目眩、头晕、烦躁，恶心、出汗、脉速而弱，血压正常或轻度下降。重者首先表现为兴奋、谵妄、眼球震颤、肌肉抽搐、惊厥，救治不及时可转为抑制、昏迷，可伴有房室及束支传导阻滞，周围血管扩张，心搏量减少，血压降低，发绀、呼吸困难。心血管系统及呼吸系统的衰竭可致病人死亡。

偶见过敏性皮炎、过敏性休克及正铁血红蛋白血症的报告。

【注意事项】　①如病人有药物过敏史、过敏体质者可作普鲁卡因皮试，注射 0.25% 普鲁卡因 0.1ml 于一侧前臂屈侧皮内形成皮丘，另一侧相应部位注射生理盐水对照，15～20 分钟观察结果。局部无红斑或硬结判为阴性，红斑或硬结 < 5mm 可疑阳性，5～9mm 为阳性，≥10mm 为强阳性。皮试阴性并不能完全排除过敏的可能性，需要在用药时注意观察病人。可改为应用酰胺类的利多卡因。②一次应用肾上腺素量不宜超过 0.3mg，高血压、心脏病、心功能不全时禁用肾上腺素。③其代谢产物对氨基苯甲酸对抗磺胺药的抗菌作用，故不宜与磺胺合用。代谢产物二乙氨基乙醇可增强洋地黄作用，已用足量洋地黄者忌用。④水溶液不稳定，曝光、久贮（3～6 个月）、受热易变黄、高压蒸气消毒效能降低。

二、利多卡因

利多卡因（lidocaine）又名赛罗卡因（xylocaine）。

【药理作用】　利多卡因为酰胺类，水溶液稳定，可反复煮沸消毒或高压灭菌。与普鲁卡因相比

较，其药效强度大1倍，属中效局部麻醉药。在均为0.5%溶液时其毒性与普鲁卡因相当，在均为1.0%溶液时，利多卡因大0.4倍，在均为2.0%溶液时，利多卡因大1倍。本品作用时间可长达1.5～2小时，如加肾上腺素后可延至4小时。穿透性及扩散性强，可穿透粘膜，注射于组织中扩散迅速，扩血管作用不明显。

对中枢神经系统有抑制作用，低浓度时使病人镇静、嗜睡、痛阈提高。血浓度＞5μg/ml时可引起惊厥。静脉适量使用时，可降低心肌自律性，有抗室性心律失常作用。血药浓度增高时可使心脏传导速度减慢，引起房室传导阻滞，抑制心肌收缩力，使心排出量减少。

进入体内的药物经肝微粒体酶降解，再由酰胺酶水解。代谢物主要随尿排出，少量从胆汁排出。

【临床应用】 表面麻醉：4%溶液（幼儿2%）用于口、咽、气管粘膜麻醉，起效时间5分钟，维持15～30分钟，一次量宜小于200mg。

浸润麻醉：常用浓度0.5%～1%，显效时间1～3分钟，维持120分钟，加肾上腺素后可至400分钟，因毒性较大，易于吸收，应慎用。一般不宜超过5mg/kg，极量400mg。

阻滞麻醉：常用浓度1%～2%，显效时间5分钟，维持120～150分钟，一次量不超过400mg。

硬膜外麻醉：常用浓度与剂量为1% 20～30ml或2% 10～15ml，显效时间8～16分钟，维持时间90～120分钟。

抗心律失常：室性心动过速或频发室性早搏时1分钟内推注本品1mg/kg，继续以0.1%浓度滴注，每小时不宜超过100mg，一次总剂量一般不超过4.5mg/kg，小儿常用0.25%～0.5%浓度，一次量不超过4～4.5mg/kg。

【不良反应】 发生毒性反应的机会比普鲁卡因多，过敏反应的机会则小于普鲁卡因。静脉输入本品速度过快可能引起惊厥、中枢深度抑制。误入静脉注射大剂量可导致心脏骤停。

【注意事项】 ①因扩散性强，不宜用作蛛网膜下腔麻醉。②有心、肝功能严重不全、癫痫大发作史者慎用。③有室内传导阻滞、完全房室传导阻滞者慎用或不用。

三、布比卡因

布比卡因（bupivacaine）又名丁哌卡因（marcaine）。

【药理作用】 酰胺类局麻药，其盐酸水溶液稳定，耐高压蒸汽消毒。局麻时间比普鲁卡因长8～10倍，持续时间比利多卡因长1倍，为长效、强效局麻药，但显效时间略长，为5～7分钟。毒性为利多卡因的3～4倍。对感觉神经局麻效果好，但对运动神经纤维作用微弱。无血管扩张作用，不产生高铁血红蛋白，对心血管系统功能无影响，但剂量过大时可引起中枢神经系统与循环系统严重中毒反应。进入体内的药物70%～95%与血浆蛋白结合，消除半衰期8小时。在肝脏代谢，经肾脏排出。

【临床作用】 表面麻醉：常用0.3%～0.5%软膏。浸润麻醉：常用浓度0.125%～0.25%，一次剂量2～3mg/kg为宜。阻滞麻醉：常用浓度0.25%～0.5%。显效时间5～7分钟，15～25分钟达到最大效果，持续5～6小时。硬膜外阻滞麻醉：常用浓度0.5%～0.75%，显效时间5～7分钟，15～20分钟达高峰，持续时间3～5小时。上述各种用药方式中，一次量均不宜超过200mg。

【不良反应】 较少见，但过量或误入血管，由于其对钠通道阻滞时间长，可造成严重心律失常、室颤、循环衰竭乃至心搏停止，一旦发生心血管意外，特别是心搏停止时复苏困难。抢救时忌用利多卡因。故成人一次量或4小时内剂量最好控制在150mg以内，并可加入肾上腺素，减慢吸收速度。

【注意事项】 ①肝、肾功能严重不良、低蛋白血症禁用，孕妇及儿童慎用。②勿直接注入血管。

四、丙胺卡因

丙胺卡因（prilocaine）又名波瑞罗卡因（propitocaine）。

【药理作用】 酰胺类局麻药，化学结构及药理性质均与利多卡因相似，其盐酸盐水溶液稳定，可高压灭菌。既作用于神经膜，又能作用于钠通道轴浆侧受体。与利多卡因相比，起效略慢，但持续时间略长，毒性小1/3。为中效局麻药，麻醉效能为普鲁卡因的3倍，血浆蛋白结合率55%。

【临床应用】 用于浸润麻醉、神经阻滞麻醉及

硬膜外麻醉，尤适用于不能使用肾上腺素者。

浸润麻醉：浓度0.5%～1.0%，起效时间1～2分钟，作用持续1～1.5小时。神经阻滞麻醉：浓度1.0%～4.0%，起效时间5分钟，作用持续2～3小时。硬膜外麻醉：浓度2.0%～3.0%，起效时间5～12分钟，作用持续1.5～2小时。上述各种麻醉方式一次最大量均为600mg。

【不良反应】 代谢产物可与血红蛋白结合，使其转化为正铁血红蛋白，引起正铁血红蛋白血症。正铁血红蛋白含量达3～5g/dl时，可引起乏力、头痛、眩晕、发绀、心动过速，对婴儿及心肺功能不全者可造成不良后果。发生正铁血红蛋白血症时可用亚甲蓝解救。

【注意事项】 产妇、贫血、先天性正铁血红蛋白血症患者禁用；孕妇及婴儿和心肺疾患者慎用。

五、阿替卡因

阿替卡因（articaine，primacine）。

【药理作用】 酰胺类局麻药，与利多卡因比，易于在组织内扩散，局麻效能强，起效快（起效时间约4分钟），持续时间长（局部浸润时麻醉效果持续约2.4小时），毒性比利多卡因低，过敏反应少见。适用于浸润麻醉。制剂中含微量肾上腺素（1/10万）。

【临床应用】 适于拔牙、牙髓及牙周治疗的浸润麻醉，市售制剂4%浓度，1.7ml/支。一次注射量0.8～1.7ml，注射速度1.7ml/分钟。成人一日最大剂量7mg/kg，儿童一日最大剂量5mg/kg。

【不良反应】 因含有微量亚硫酸盐可能引起过敏性休克，因含肾上腺素可能引起头痛、眩晕、心动过速。

【注意事项】 ①凡4岁以下儿童、高血压、严重肝功能不全、心律紊乱患者、卟啉症（紫质症）及胆碱酯酶缺乏、甲状腺功能亢进，及窄角性青光眼患者禁用。②糖尿病及应用单胺氧化酶抑制剂者慎用。③勿注射过速，勿注入血管。

第二节 表面麻醉用药物

将局麻药涂布于粘膜或裸露创面产生局部无痛状态，称为表面麻醉。常用表面麻醉用药物有酯类的丁卡因、苯唑卡因等，酰胺类的利多卡因、地布卡因以及达克罗宁等。

一、丁卡因

丁卡因（tetracaine）又名地卡因（dicaine）。

【药理作用】 对氨苯甲酸衍生物，属酯类局麻药。由于具有很好的脂溶性，穿透力强，吸收迅速，作表面麻醉效果好。其水溶液不稳定，贮存6个月以上或高压蒸气消毒2～3次极易分解，冷藏保存期也不能超过一年。溶液变浑浊时即不能再使用。

与普鲁卡因相比，其作用强5～16倍，为长效局麻药。毒性也大10～20倍。有扩张血管的作用，对中枢神经系统及心脏有较强的抑制作用，中毒时可引起心泵衰竭，心搏停止。

进入体内后为血浆胆碱酯酶水解，代谢物由肾脏排出，极少量以原形从尿排出。

【临床应用】 主要作粘膜表面麻醉使用，常用浓度1%～2%，一次用量40～60mg，起效时间1～3分钟，维持30～60分钟，浓度为0.25%～0.5%时适用于眼科，一次最大量40～60mg。每1ml药液中加入0.1μg肾上腺素可延缓吸收。

硬膜外麻醉常用浓度0.2%～0.3%，一次用量40～60mg，常与利多卡因混合应用。

【不良反应】 发生一过性皮疹的机会高于普鲁卡因。经粘膜大量吸收或误入血管可致中毒，引起惊厥，心跳停止。

【注意事项】 ①先使用少量，观察5分钟，如无不良反应时再追加至预定剂量，但严格掌握不得超过一次最大剂量，并应严密观察病人。②避免浸润麻醉，禁忌静脉注射。③代谢产物为对氨基苯甲酸，可降低磺胺类药物效能，应避免合用磺胺。

二、达克罗宁

达克罗宁（dyclonine）又名达可隆（dyclone）。

【药理作用】 在芳香环上带有4-C_4H_9O基团，非酯类、非酰胺类局麻药，粘膜穿透力强，外用安全，可作表面麻醉使用。抑制触觉、压觉及痛觉。作用迅速、持久。但因对组织刺激性强，不适于注射。

【临床应用】 粘膜麻醉用浓度0.5%～1%，皮肤止痛、止痒用0.5%乳膏或1%软膏，或0.5%溶液喷雾，一次量不超过100mg。

应密闭、避光保存于15～30°环境中。

三、苯佐卡因

苯佐卡因（benzocaine）。

【药理作用】 酯类局麻药，因水中溶解极微，吸收少，可作皮肤粘膜表面使用，其作用机制为引起神经膜膨胀，改变膜结构，达到麻醉效果。局部麻醉作用比普鲁卡因弱，毒性为可卡因的1/20～1/10。

【临床应用】 5%～10%苯佐卡因软膏可用于小面积烧伤、皮肤擦伤，皮肤晒斑、瘙痒；20%气雾液用于皮肤、粘膜；5%或20%凝胶用于牙龈患处；栓剂（含苯佐卡因0.2～0.3g）可用于痔疮。

【不良反应】 敏感者可发生全身中毒反应。3岁以下小儿使用时可能发生正铁血红蛋白血症。与丁卡因交叉过敏，对普鲁卡因也可交叉过敏。

（史宗道）

第五章　促凝血药

促凝血药是能加速血液凝固或降低毛细血管通透性，使出血停止。促凝血药主要通过如下作用机制达到止血作用：①通过影响某些凝血因子，促进或恢复凝血过程而止血，如维生素K、凝血质、酚磺乙胺（止血敏）。②通过抑制纤维蛋白溶解系统而止血，即称抗纤溶药，如氨基己酸、氨基苯酸、氨基环酸等。③能降低毛细血管通透性，增加毛细血管壁抵抗性。如肾上腺素腙（安络血）。④具有类凝血酶样作用及类凝血激酶样作用，促进凝血。如立止血（巴曲酶）。⑤物理化学的凝固促进剂：用于局部创面，能吸收血液而呈现止血作用。如明胶海绵、氧化纤维等。⑥其他止血药：云南白药等。

一、亚硫酸氢钠甲萘醌

亚硫酸氢钠甲萘醌又名维生素 K_3（vitamin K_3）。天然维生素K存在于苜蓿、菠菜、西红柿和鱼糜等中，其中 K_1、K_2 为脂溶性，其吸收有赖于胆汁的正常分泌，维生素 K_3 及 K_4 均为人工合成品，为水溶性，其吸收可不依赖胆汁。亚硫酸氢钠甲萘醌（menadione sodium bisulfine）系白色结晶性粉末，无臭或微臭，有引湿性，遇光易分解，易溶于水，几乎不溶于乙醇、乙醚等中，宜避光，干燥，凉处保存。

【药理作用】 维生素K为肝脏合成凝血酶原（因子Ⅱ）的必需物质，还参与Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ的合成，缺乏后可引起凝血因子合成障碍影响凝血过程而引起出血。此外还可通过阿片受体和内源性阿片样物介导而呈现镇痛受体作用。吸收后随β脂蛋白转运，在肝内被利用。用药数日后才能使凝血酶原恢复正常。

【临床应用】 主要运用于阻塞性黄疸、胆瘘、慢性腹泻、广泛肠切除所致肠吸收功能不良、早产儿、新生儿低凝血酶原血症，香豆素类或水杨酸类过量以及其它原因所致凝血酶原过低等引起出血。亦可用于预防长期口服广谱抗生素类药物引起的维生素K缺乏症。对胆石症、胆道蛔虫症引起的胆绞痛有镇痛作用，大剂量可解救杀鼠药（敌鼠钠，diphacin）中毒。

（1）止血：肌注，每次2～4mg，每日4～8mg，防止新生儿出血，可在产前一周经孕妇肌注，每日2～4mg。口服，每次2～4mg，每日6～20mg。

（2）胆绞痛：肌注，每次8～16mg。

【不良反应】 ①可致恶心、呕吐等胃肠反应。②较大剂量可致新生儿、早产儿溶血性贫血、高胆红素及黄疸。对患红细胞6-磷酸脱氢酶缺乏症者，可诱发急性溶血性贫血。

【注意事项】 ①可致肝损害，肝功能不良患者可改用维生素抗 K_1，肝硬化或晚期肝病患者出血使用本品无效。②禁忌与下列注射液配伍，如硫喷妥钠、环磷酰胺、垂体后叶素、水解蛋白、盐酸万古霉素、青霉素G钠、异丙嗪、氯丙嗪等，也不宜与抗凝药并用。

二、氨基乙酸

氨基乙酸（aminocaproic acid）为白色或黄色结晶性粉末，能溶于水，其3.52%水溶液为等渗溶液。

【药理作用】 能抑制纤维蛋白溶酶原的激活因子，使纤维蛋白溶酶原不能激活为纤维蛋白溶酶，从而抑制纤维蛋白的溶解。此外对纤维蛋白溶酶也有直接抑制作用。口服吸收完全，生物利用度为80%。2小时左右血药浓度达峰值，有效血浓度为13μg/ml。$t_{1/2}$ 为103分钟，大部分以原形经尿排泄。

【临床应用】 运用于纤溶性出血，如脑、肺、子宫、前列腺、肾上腺、甲状腺等外伤或手术出血。对纤维蛋白溶酶活性增高所致的出血症有良好疗效。术中早期用药或术前用药，可减少手术中渗血，并减少输出量，亦用于肺出血、肝硬化出血及上消化道出血等。口服：成人每次2g，小儿0.1g/kg，每日3～4次，依病情服用7～10天或更久。静滴：初用量4～8g，以5%～10%葡萄糖或生理

盐水 100ml 稀释，15～30 分钟内滴完，维持量为 1 小时 1g，维持时间依病情而定，每日量不超过 20g，可连用 3～4 天。

【不良反应】 偶见腹泻、腹部不适、结膜充血、鼻塞、皮疹、低血压、呕吐、胃灼热感及尿多等反应。

【注意事项】 ①本品排泄较快，须持续给药，否则其血浆有效浓度迅速降低。②本品不能阻止小动脉出血，术中如有活动性动脉出血，仍须结扎止血。③本品从肾脏排泄，且能抑制尿激酶，可引起血凝块而形成尿路阻塞，故泌尿道手术后、血尿肾功能不全的病人慎用。④使用时剂量不宜过大，有血栓形成倾向或过去有栓塞性血管病者慎用。⑤静注或静滴，速度不宜太快，以防止发生低血压、心动过缓或其他心律失常。

三、酚磺乙胺

酚磺乙胺（etamsylate）又名羟苯磺乙胺（dicynone），常称止血敏或止血定，为白色结晶粉末，无臭，味苦，有引湿性，遇光易变质。易溶于水，溶于乙醇，微溶于丙酮中，不溶于氯仿或乙醚。

【药理作用】 能增加血液中血小板数量，增强其聚集性和粘附性，促进血小板释放凝血活性物质，缩短凝血时间，加速血块收缩。亦可增强毛细血管抵抗力，降低毛细血管通透性，减少血液渗出，呈现止血作用。口服易吸收，静注后 1 小时作用达高峰，作用维持 4～6 小时。

【临床应用】 运用于预防和治疗外科手术出血过多，血小板减少性紫癜及其他原因引起的出血，如脑出血、胃肠道出血、泌尿道出血、眼底出血、牙龈出血、鼻出血等。通常可与其他类型止血药如氨甲苯酸、维生素 K 并用。

（1）预防手术出血：术前 15～20 分钟静注或肌注，每次 0.25～0.5g，必要时 2 小时后再注射 0.25g，每日 0.5～1.5g。

（2）治疗出血：成人，口服每次 0.5～1g；儿童，每次 10mg/kg，每日 3 次。肌注或静注，也可与 5%葡萄糖或生理盐水混合静滴，每次 0.25～0.75g，每日 2～3 次。必要时可根据病情增加剂量。

【注意事项】 有报道静脉注射可发生休克。

（梁俐芬）

第六章　激素类药物

激素及其有关药物，通常是指作用于内分泌系统的药物，主要包括脑垂体激素、肾上腺皮质激素、促肾上腺皮质激素、甲状腺激素、胰岛激素、性腺激素与促性腺激素，均是具有生理功能的激素。本章仅对肾上腺皮质激素中糖皮质激素有关药物作简要介绍。

肾上腺皮质激素是由肾上腺皮质分泌的所有激素的总称，按其主要的生理作用可分为：糖皮质激素，由肾上腺皮质束状带细胞合成与分泌，包括氢化可的松，可的松，它受垂体前叶促肾上腺皮质激素（ACTH）调节，主要影响糖代谢，对水盐代谢影响较小；盐皮质激素，由肾上腺皮质环状带细胞合成与分泌，包括醛固酮、去氧皮质酮等，它主要受肾素-血管紧张素系统的调节，主要影响水盐代谢，对糖代谢影响较小。

糖皮质激素

天然糖皮质激素有氢化可的松和可的松，目前临床上用糖皮质激素类药物均为人工半合成品，属于类固醇化合物，脂溶性大，水溶性小，注射剂一般以醇为溶媒或以酸性酯增加其水溶性。

该类药物口服和注射均可吸收，口服吸收速度与其脂溶性高低成正比，注射给药吸收速度取决于水溶液，以磷酸盐、琥珀酸盐吸收快，醋酸酯吸收慢。局部用药也能吸收。

一、分　　类

主要药物有：氢化可的松（皮质醇，hydrocortisone）、可的松（cortisone）、泼尼松（强的松，prednisone）、泼尼松龙（强的松龙，prednisolone）、曲安西龙（去炎松，trimacortisone）、曲安奈德（曲安缩松，triamcinolone acetonide）、地塞米松（氟美松，dexamethasone）、倍他米松（betamethasone）、氟氢可的松（fludrocortisone）、氯倍他索（氯倍米松，clobetasol）、氟轻松（肤轻松，fluocinolone acetonide）等。根据作用维持时间的长短可将其分为短效、中效、长效三类（见表15-6-1）。

表15-6-1　几种主要糖皮质激素类药物比较

类别	药物	糖代谢	抗炎	钠水潴留	等效剂量（mg）	血浆 $t_{1/2}$（分）	生理 $t_{1/2}$（小时）
短效	氢化可的松	1	1	+	20	80～100	＜12（8～12）
	可的松	0.8	0.8	+	25	30	
中效	泼尼松	3.5	4	+	5	60	12～36
	去炎松	5	3.5	0	4	200或210以上	
长效	地塞米松	30	25	0	0.75	300	＞48（36～54）
	倍他米松	30	25	0	0.60	300	

二、生理与药理

糖皮质激素是维持生命所必需的，对蛋白质、糖、脂肪、水、电解质代谢及多种组织器官的功能有重要影响，超生理量的糖皮质激素具有抗炎、抗过敏和抑制免疫等多种药理作用。可通过弥散作用进入靶细胞。与其受体相结合，形成类固醇-受体复合物，被激活的复合物作为基因转录的激活因子与DNA上的特异性顺序相结合，发挥其调控基因转录作用，增加mRNA的生成，后者可作为模板合成相应的蛋白质，在靶细胞内呈现类固醇激素的生理和药理反应。

（一）抗炎作用

糖皮质激素类药物能提高机体对包括炎症在内的各种有害刺激的耐受力，降低机体对致病因子的反应性。

1. 降低血管内皮细胞对缓激肽的敏感性，增加血管壁张力及致密度，降低血管通透性，减少炎症渗出。

2. 抑制磷脂酶 A_2，减少致炎活性物前列腺素（PG）、白三烯（LT）的生成。

3. 稳定溶酶体膜、减少溶酶体酶的释放，减轻炎症反应。

4. 降低炎症细胞反应，阻止中性白细胞、单核细胞及巨噬细胞的渗出与游走，抑制上述炎症细胞向炎症区域的聚集。

5. 抑制肉芽组织形成 直接抑制纤维母细胞DNA合成，而抑制细胞间质的增生，同时减少胶原和粘多糖的合成，抑制肉芽组织增殖，阻止粘连及瘢痕形成。

（二）免疫抑制作用

大剂量糖皮质激素类药物对免疫过程特别是免疫反应早期阶段均有作用，可抑制体液免疫和细胞免疫。

1. 抑制巨噬细胞对抗原的吞噬和处理。

2. 干扰淋巴细胞的识别及阻断免疫母细胞的增殖。

3. 促进致敏淋巴细胞解体，使淋巴细胞移行到血管外组织，减少血中淋巴细胞。

4. 抑制浆细胞合成抗体。

5. 消除免疫反应引起的炎症反应，抑制补体参与迟发型过敏反应抑制IgE介导的肥大细胞膜颗粒及组胺5-HT等炎症介质的释放。

6. 治疗量抑制细胞免疫，从而抑制迟发型过敏反应和异体器官移植的排斥反应，并能减轻一些自身免疫疾病的症状。

（三）抗毒作用

糖皮质激素类药物具有稳定溶酶体膜，减少内源性热源的释放和降低下丘脑体温中枢对致热的敏感性。能提高机体对毒素的耐受力，减轻内毒素对机体的损害，缓解或解除感染性毒血症引起高热等中毒症状。

（四）抗休克作用

大剂量的糖皮质激素类药物具有抗各种休克作用其机制主要与下列因素有关

1. 抗炎、抗毒、免疫抑制等综合因素。

2. 降低血管对某些缩血管活性物质的敏感性，解除血管痉挛，改善微循环，增加重要器官营养和血液。

3. 兴奋心肌收缩力，增多心输出量。

4. 稳定溶酶体膜，减少心肌抑制因子（MDF）的形成，从而防止MDF所致的心肌收缩无力与内脏血管收缩。

（五）对血液成分的影响

糖皮质激素类药物可促进中性白细胞从骨髓释放入血中而抑制其血管外游走。同时能使血液中红细胞和血红蛋白的含量增加，提高血小板及纤维蛋白原浓度，缩短凝血时间，而血液中淋巴细胞、嗜酸性白细胞及嗜碱性白细胞数目减少。

（六）其他

糖皮质激素类药物能提高中枢神经系统兴奋性出现欣快、失眠、激动、少数出现焦虑、抑郁、甚至诱发精神失常，亦能增进消化腺分泌使胃酸和胃蛋白酶增多等。

三、临床应用

糖皮质激素的临床用途较广。

1. 急、慢性肾上腺皮质功能减退（包括肾上腺危象）、脑垂体前叶功能减退及肾上腺次全切除术后作替代疗法。

2. 严重感染并发的毒血症，如中毒性痢疾、中毒性肺炎、暴发型流行性脑脊髓膜炎、暴发型肝炎等。

3. 自身免疫性疾病，如风湿热、风湿性心肌炎、风湿性及类风湿性关节炎、全身性红斑狼疮、结节性动脉周围炎、皮肌炎、自身免疫性贫血和肾病综合征等，一般采用综合疗法。异体器官移植术后产生的免疫排斥反应也可用皮质激素。

4. 过敏性疾病，如荨麻疹、枯草热、血清病、血管神经性水肿、过敏性鼻炎、支气管哮喘和过敏性休克等，通过其抗炎、抗过敏作用缓解症状而达到治疗效果。

5. 防止某些炎症的后遗症 缓解急性炎症的各种症状，并可防止某些炎症的后遗症，如组织粘连、瘢痕。可用于结核性脑膜炎、胸膜炎、心包炎、虹膜炎、角膜炎、视网膜炎、视神经炎、睾丸炎和烧伤等。

6. 各种原因引起的休克。

7. 血液系统疾病，如白血病、恶性淋巴瘤、再生障碍性贫血及血小板减少等。

8. 其他肌肉和关节劳损，严重天疱疮、剥脱性皮炎，溃疡性结肠炎及甲状腺危象等。

四、不良反应

长期应用超生理剂量可致严重的不良反应和并发症。

1. 医源性肾上腺皮质功能亢进症（库欣综合征）是长期过量使用糖皮质激素所引起糖代谢紊乱的结果，其主要表现有：满月脸、向心性肥胖、肌无力及肌萎缩、皮肤变薄、痤疮、多毛、浮肿、低血钾、糖尿、易感染等。一般无需特殊治疗，停药后可自行消失，数日可恢复正常。严重者分别加用抗高血压药，抗糖尿病药治疗，并采用低钠，低糖高蛋白饮食及加用氯化钾可减轻症状。

2. 骨质疏松　糖皮质激素有促进甲状旁腺激素（PTH）分泌及抗维生素D作用，抑制成骨细胞活动，使破骨细胞活动增加，抑制骨基质蛋白合成，增加钙、磷排泄、减少小肠对钙吸收，造成骨质疏松，儿童和绝经期妇女更易发生。

3. 诱发或加重感染　糖皮质激素可减少机体防御疾病能力，长期使用能诱发感染或使潜在性感染灶扩大，造成传播性感染，用药过程中应注意病情变化，必要时加入相应药物。

4. 诱发或加重溃疡　糖皮质激素类药物能刺激胃壁细胞，增加胃酸与胃蛋白酶分泌，抑制胃粘液生成、阻碍组织修复，及减弱前列腺素对胃壁的保护功能，可诱发或加重胃、十二指肠溃疡，甚至造成消化道出血或穿孔。

5. 糖皮质激素类药物对DNA合成和细胞分裂影响　可抑制或延缓儿童生长发育，影响胎儿发育或畸形。

6. 本类药物可致晶状体后部包囊下白内障、影响房水回流造成青光眼，亦可引起突眼，视网膜水肿、眼疱疹或角膜变薄而致穿孔。

7. 引起欣快、易激动、失眠，偶致精神失常、诱发癫痫发作等。

8. 延缓伤口修复，影响愈合等。

9. 长期应用糖皮质激素可通过负反馈作用，使内源性肾上腺皮质萎缩。突然停药出现停药反应：

(1) 医源性肾上腺皮质功能不全：出现恶心、呕吐、食欲不振、肌无力、低血糖、低血压等症状，应注意停药过程需缓慢减量，不可骤停，可逐渐减低每日维持量或采用隔日给药。

(2) 反跳现象与停药症状：长期用药因减量太快，患者对激素产生依赖或病情未完全控制时突然停药所致原病复发或加重的现象称为“反跳现象”。常需加大剂量再行治疗，使症状缓解后再缓慢减量，直至停药。而有些患者出现一些原来疾病就没有的症状，如肌痛、肌强直关节痛，疲乏无力；情绪消沉、发热等称为停药症状。

五、注意事项

心脏病或急性心力衰竭、糖尿病、有精神病倾向、全身性真菌感染、青光眼、肝功能损害、眼单纯性疱疹、高脂蛋白血症、高血压、甲亢、重症肌无力、骨质疏松、胃溃疡、胃炎或食管炎、肾功能损害或结石、结核病等患者，慎用肾上腺皮质激素。

六、禁忌证

严重的精神病和癫痫，活动性消化道溃疡，新近胃肠吻合术、骨折、创伤修复期、角膜溃疡、肾上腺皮质功能亢进症、严重高血压、糖尿病、妊娠早期、产褥期、病毒或真菌感染等。

七、疗法和疗程

（一）大剂量突击疗法

运用于危重病人的抢救，如严重中毒性感染及各种休克。一般不超过3～5天，可突然停药。如氢化可的松首次可静脉滴注200～300mg，每日1g（或其他制剂的等效剂量）。对休克病人有人主张用超大剂量，每次静滴氢化可的松1g，每日4～6次。

（二）一般剂量长程疗法

适用于反复发作，累及多种器官的慢性疾病，如结缔组织病、肾病综合征、顽固性支气管哮喘、淋巴细胞白血病等。一般用泼尼松口服10～20mg（或其他制剂的等效剂量）每日3次，显效后不能突然停药，应逐渐减量至最小维持量，持续数月。

（三）隔日疗法

在长期疗法中对某些慢性病根据时辰药理理论，肾上腺皮质分泌内源性氢化可的松具有昼夜节律性，每日午夜分泌最低，上午8时达坟墓高峰，

生理负反馈在上午8时最强，若清晨一次给药与生产反馈作用一致，对肾上腺皮质功能的抑制较小，如若在下午或晚间给药即使小剂量，次晨的内源性氢化可的松的分泌高峰亦能受到明显抑制。隔日疗法常采用中效制剂如泼尼松或泼尼松龙。

（四）小剂量替代或补充疗法

用于垂体前叶功能减退，阿狄森病及肾上腺皮质切除术后。一般维持量，可的松每日12.5～25mg，氢化可的松每日10～20mg。

（五）局部用药

用于眼病或皮肤、粘膜病，可用氢化可的松及泼尼松等。

八、常 用 药 物

（一）氢化可的松

氢化可的松（hgdrocortisone）又称皮质醇、考的索，常用其醋酸酯。为白色或类白色的结晶性粉末、无臭，不溶于水，略溶于乙醇（1∶40），丙酮（1∶80）微溶于氯仿中，遇光易变质、宜避光、密闭保存。

【药理作用】 本品属短效糖皮质激素药（参见表15-6-1）。超生理剂量具有抗炎、抗毒、抗休克、抗过敏、免疫抑制等作用。能从消化道迅速吸收，约1～2小时血液浓度达到高峰，一次给药维持8～12小时，其生物 $t_{1/2}$ 约为10分钟，血中90%以上能与血浆蛋白结合，其中80%与皮质激素转运球蛋白（CBG）结合，10%与白蛋白结合，具有生物活性的游离型中占10%，也可经皮肤吸收，破损处吸收更快。主要经肝脏代谢、转化为四氢可的松和四氢氢化可的松，大多数代谢产物结合成葡萄糖醛酸酯，极少量以原形经尿排泄。

【临床应用】 本品常用于抢救危重中毒性感染，可用于各种急慢性严重细菌感染（并用抗生素）、严重的过敏性疾病、胶原性疾病（红斑狼疮、结节性动脉周围炎、舍格伦综合征、硬皮病、皮肌炎），风湿热、类风湿病、肾病综合征、严重支气管哮喘、血小板减少性紫癜、粒细胞减少症、急性淋巴性白血病、剥脱性皮炎、无疱疮、神经性皮炎、湿疹等，亦可用于肾上腺皮质功能减退症及垂体功能减退症的替代治疗。口服：一般每次10～80mg，每日40～200mg，小儿每日4～8mg/kg，分3～4次或遵医嘱；静滴：每次100～200mg，以5%葡萄糖注射液或无菌生理盐水稀释至每毫升不超过2mg；小儿每日4～8mg/kg，于8小时内滴完。

1. 治疗成人肾上腺皮质功能减退，每日剂量20～25mg，清晨服2/3，午餐后服1/3。有应急情况时应适量增加，每日达80mg，分次服用，有严重应急时应改为静滴。小儿的治疗量按体表面积计算为每日20～25mg/m²，分3次，每8小时服1次。

2. 治疗肾上腺皮质功能减退及垂体前叶功能减退危象，严重过敏反应，哮喘持续状态，休克；每次游离醇型100mg或氢化可的松琥珀酸钠135mg，静滴，可用至每日300mg，疗程3～5天。

3. 软组织或关节内注射 用于治疗类风湿关节炎、骨关节炎、腱鞘炎、肌腱劳损等。关节腔内注射，每次1～2ml（25ng/ml）；鞘内注射1ml每次。

4. 局部用药 软膏、眼膏，用于各类皮肤病、眼病。

【不良反应】 参阅糖皮质激素。

【注意事项】 本品注射液为无菌稀醇溶液，必须充分稀释至0.2mg/ml后供静滴，在中枢神经系统抑制或肝功能不全者应慎用，需要大剂量时，就改用氢化可的松琥珀酸钠。

（二）泼尼松

泼尼松（prednisone）又称强的松，去氢可的松，常用其醋酸酯为白色或几乎白色的结晶性粉末、无臭、味苦、不溶于水、微溶于乙醇及醋酸乙酯，略溶于丙酮，易溶于氯仿。宜密闭，干燥阴凉处保存。

【药理作用】 本品属中效糖皮质激素类药物（参见表15-6-1），具有较强抗炎、抗过敏、抗休克等作用，副作用较少。促进蛋白质分解转变为糖，减少葡萄糖的利用，使血糖和肝糖原增加；在体内需经肝脏将11位酮基还原为11位羟基，转化为泼尼松龙，方显药理作用，其生物 $t_{1/2}$ 为60分钟，血浆蛋白结合率为70%，血浆半衰期约为200分钟，游离和结合型代谢产物均随尿中排出，部分以原形排出，小部分可经乳汁排出，钠潴留及促进钾排泄作用比可的松小。

【临床应用】 常用于类风湿性关节炎、风湿热、严重支气管哮喘、血小板减少性紫癜、肾病综

合征等，亦运用于各型天疱疹、重型多形红斑、药物过敏性口炎、血管神经性水肿、剥脱性皮炎、盘状红斑狼疮、带状疱疹等。也可选择应用于糜烂型扁平苔藓、白塞综合征、严重腺周口疮等。口服：起始剂量每次 15～40mg，必要时可增加到 60mg，分 2～4 次；维持量每日 5～10mg。

【不良反应】 副作用与毒性较醋酸可的松小（参阅糖皮质激素）。

【注意事项】

1. 本品需经肝脏代谢活化为氢化泼尼松后才能显效，故严重肝功能不良者不宜使用。

2. 采用长疗程法，注意产生疗效后不能突然停药，应逐渐减量至小维持量，持续数月。

3. 外科病人尽量不用，以免影响伤口愈合。

4. 消化性溃疡病、骨质疏松症、精神病、重症高血压及水痘患者忌用。

5. 充血性心力衰竭、糖尿病、肾功能不全、活动性肺结核、动脉硬化、急性传染病患者慎用。

6. 用于细菌感染，必须与足量抗菌药物合用。

7. 用药期间宜控制钠盐摄入量并同时补充氯化钾等。

（三）泼尼松龙

泼尼松龙（prednisolone，hydroprednisone）又称强的松龙，氢化泼尼松，常用其醋酸酯，为白色或黄白色结晶性粉末、味苦、几乎不溶于水（1:1300），微溶于乙醇（1:30），丙酮（1:80），氯仿（1:180），忌与碱配伍，宜避光，密闭保存。

【药理作用】 本品属中效糖皮质激素类药物（参见表 15-6-1）。疗效与泼尼松相当，其抗炎作用较强，水盐代谢作用很弱，极易由消化道吸收，其本身以活性形式无需经肝脏转化即发挥其生物效应。口服后约 1～2 小时血药浓度达高峰，$t_{1/2}$ 为 200 分钟。在血中大部分与血浆蛋白结合（其结合率低于氢化可的松），游离的和结合型代谢产物自尿中排出，部分以原形排出，小部分可经乳汁排出。

【临床应用】 主要用于过敏性炎症性疾病（参阅泼尼松）。口服：起始剂量按每日病情轻重缓急 15～40mg，需要时可用到 60mg，分次服用，病情稳定后应逐渐减量，维持量 5～10mg。小儿开始用量每日按体重 1mg/kg。肌注：每日 10～40mg，必要时可加量。静滴：每次 10～20mg。加入 5% 葡萄糖注射液 500ml 中；静脉注射用于危重病人，每次 10～20mg，必要时重复，关节腔或软组织内注射混悬液 5～50mg，用量依关节大小而定。

【不良反应】 本品副作用比氢化可的松小（参阅肾上腺皮质激素）。

【注意事项】 同泼尼松。

（四）曲安奈德

曲安奈德（triamcinolone）又称曲安缩松，去炎舒松，去炎舒松-A，确炎舒松-A，常用其醋酸酯。为白色或类白色结晶性粉末，无臭，极微溶于水（1:500）、乙醇（1:240），易溶于氯仿、乙醚中。

【药理作用】 本品抗炎、抗过敏作用均比氢化可的松、泼尼松强而持久。在体内的血浆生物半衰期约为 300 分钟。与血浆蛋白结合范围比氢化可的松要小。肌注后在数小时内显效，经 1～2 天达最大效应，作用可维持 2～3 周。

【临床应用】 适用于各种皮肤病（如神经性皮炎、湿疹、牛皮癣等）、关节痛、支气管哮喘、肩周炎、腱鞘炎、急性扭伤、慢性腰腿痛及眼科炎症等。肌注：每周 1 次，20～100mg。皮下或关节腔注射：用量酌情决定，一般为 2.5～5mg。皮肤病可用于皮损部位或分数个部位注射，每处剂量为 0.2～0.3mg，每日剂量不超过 30mg，每周总量不超过 75mg。用前应充分摇匀。外用：软膏、乳膏、滴眼剂：每日 1～4 次；气雾剂：3～4 次。口腔临床：主要用其抗炎、抗过敏，促进创面愈合等。常用于口腔粘膜巨型溃疡、肉芽肿性唇炎、口腔粘膜充血、糜烂，慢性感染性疾病等治疗。注射：常规每月注射一次，每次 0.5～1ml；关节囊内注射 5～20mg；外用：局部涂布。

【不良反应】 长期使用于眼部可引起眼内压升高；关节腔内注射可能引起关节损害，据报道本品钠水潴留较其他糖皮质激素少见，而厌食、肌无力等不良反应较明显（请参阅糖皮质激素）。

【注意事项】 本品与氯喹配伍可出现剥脱性红皮病，应避免全身用药；对病毒性、结核性或急性化脓性眼病忌用；孕妇不宜长期使用；注射时不要太浅，以免局部肌肉萎缩；关节腔内注射可能引起关节损害；长期用于眼部可引起眼内压升高。

（五）地塞米松

地塞米松（dexamethasone）又称氟美松，氟

甲去氢化可的松，常用其醋酸酯。为白色或黄白色结晶或结晶性粉末，无臭、味苦，不溶于水，略溶于乙醇，易溶于丙酮。其磷酸钠易溶于水，宜避光、密闭保存。

【药理作用】 本品为长效糖皮质激素药物（参见表 15-6-1）。抗毒、抗炎、抗过敏；其糖代谢作用均比泼尼松强，而对水钠潴留和促进排钾作用轻微。极易从消化道吸收，血浆蛋白结合率低，其生物 $t_{1/2}$ 为 190 分钟，组织 $t_{1/2}$ 约为 3 天，肌注地塞米松磷酸钠或地塞米松醋酸酯后分别于 1 小时和 8 小时达血药浓度高峰。

【临床应用】 主要用于抗炎、抗过敏，如活动性风湿病、类风湿性关节炎、系统性红斑狼疮等胶原性疾病，严重支气管哮喘、急性白血病、皮炎等多种过敏性疾病等，亦可用于预防新生儿呼吸窘迫综合征，降低颅内高压及库欣综合征的诊断和病因鉴别。口服：开始每次 0.75～1.5mg，每日 2～4 次；维持量，每日 0.5～0.75mg；肌注（醋酸地塞米松注射液）：每次 8～16mg；间隔 2～3 周 1 次；静滴地塞米松磷酸钠注射液：每次 2～20mg；或遵医嘱。亦可注射关节腔、软组织等损伤部位。关节腔内注射，一般每次 0.8～4mg，随关节腔大小而定。

【不良反应】 本品大剂量易引起糖尿病和库欣综合征，对下丘脑-垂体-肾上腺轴抑制作用较强；亦可诱发胃溃疡，降低抵抗力，长期服较易引起骨质疏松，肌无力、精神症状及精神病等。

【注意事项】 不宜用于有癔病史精神病史者、溃疡病、血栓性静脉炎、活动性肺结核、肠吻合手术后病人忌用、慎用。

（六）倍他米松

倍他米松（betamehasone）为地塞米松的差向异构体，为白色或黄白色结晶性粉末，无臭、味苦，几乎不溶于水，略溶于乙醇（1:7.5），微溶于氯仿（1:1100），宜避光，密闭保存。

【药理作用】 属于长效糖皮质素类药物（参见表 15-6-1）。抗炎作用较地塞米松、曲安西龙等强。

【临床应用】 常用于治疗活动性风湿病、类风湿关节炎、红斑狼疮、严重支气管哮喘、严重皮炎、急性白血病，亦用于某些感染的综合治疗。口服：起始剂量每日 0.2～2mg，分 2 次服用。维持量为每日 0.5～1mg。肌注（醋酸酯）：每次 6～12mg。

【不良反应】 参阅糖皮质激素。

【注意事项】 ①本品不宜长期使用，尤其对小儿可抑制生长。②不宜用于肾上腺皮质功能不全症。③孕妇禁用。

（梁俐芬）

第七章 抗肿瘤药

尽管恶性肿瘤化学治疗的历史可以追溯到19世纪60年代，但发现某些化学药物确可治疗恶性肿瘤，社会投入大量人力、物力用于发现、评价抗癌药物则是自1942年氮芥被用于治疗晚期淋巴肉瘤患者取得短暂缓解开始的，迄今，已发现大批化学治疗新药。随着分子生物学、细胞生物学及临床药理学、肿瘤治疗学的进展，某些生殖系统、造血系统恶性肿瘤、皮肤癌等已可治愈，许多实体肿瘤患者生存期得到延长，或病情缓解。掌握化学药物的药理特点，合理使用药物对提高临床疗效，减少毒性反应至关重要。

按药物化学结构、来源及作用原理可将其分为：烷化剂（细胞毒类药物）、抗代谢药物、抗生素类，植物药类、激素类等，按细胞动力学原理可分类为细胞周期非特异性药物及细胞周期特异性药物。

第一节 烷 化 剂

烷化剂是指一类能向体内生物大分子如DNA、RNA、蛋白质等引进烷基，产生烃化作用的抗肿瘤药物。属细胞毒药物，有作者称为“拟放射线物质”。其机制是由于这种烷化反应，DNA分子结构产生错误，发生错误配对、链间交联，DNA链断裂、从而抑制其合成，干扰增殖快速组织的有丝分裂和细胞分裂。发挥细胞毒作用。对处于G_1晚期、S期肿瘤细胞特别敏感，对G_0期细胞也敏感，属细胞周期非特异性药物，可用于多种恶性肿瘤的治疗。体内半衰期较短，较少产生抗药性，烷化剂间交叉耐药性较少。但因其选择性不好，易产生毒性反应，并有可能诱导人体发生肿瘤。临床应用中推荐短疗程，大剂量及间歇用药，以提高疗效、减轻毒性。

一、盐 酸 氮 芥

盐酸氮芥（mechlorethamine hydrochloride）又称氮芥（Mustine）。

【药理作用】 硫芥的含氮同类物，化学结构中含有双（2-氯乙基）功能基团，是最早应用于临床的化学治疗药物。可引起DNA双链间交叉联结，影响DNA合成，阻止其复制过程，从而抑制有丝分裂，属细胞周期非特异性药物。在体液内迅速与细胞反应物结合，迅速水解失效。主要从尿中排出。

【临床应用】 对恶性淋巴肉瘤效果较好，与其他化学药物合用治疗霍奇金病，头颈部低分化癌等可有较高缓解率。必须临用时新鲜配制，在数分钟内静脉冲入。每周一次，每次0.1mg/kg，4～6次作一疗程或0.4mg/kg一次给药，每周一次。可半身给药，也可腔内注射，0.1～0.2mg/kg，每周1～2次。

【不良反应】 主要表现为胃肠道反应，恶心呕吐，可在用药后1～2小时出现，持续24小时，预先使用氯丙嗪可防止此副作用。骨髓抑制表现为白细胞减少及血小板减少，是主要剂量限制性毒性反应。停药2～3周可恢复。其他常见不良反应为栓塞性静脉炎、脱发、致畸等。

【注意事项】 ①氮芥溶液勿注入血管外，否则易引起局部硬结、组织坏死。药液漏出至组织中时，可局部注射等渗硫代硫酸钠或生理盐水，间歇冰敷6～24小时。②新鲜配制的药品要及时使用，否则20分钟失效，操作者要注意保护眼睛和双手。

二、环 磷 酰 胺

环磷酰胺（cyclophosphamide）又名癌得星（Endoxan）。

【药理作用】 是氮芥类中应用最广泛的药物，是根据场效关系理论，用环磷酰胺基置换氮芥中氮原子的甲基而得到的较为惰性的化合物，性质稳定，刺激性小。

该药在体外无活性，进入体内后，在肝中细胞色素P-450混合功能氧化酶的作用下，部分代谢为醛磷酰胺，通过血循环在靶细胞中进一步裂解为有活性的作用型丙烯醛和磷酰胺氮芥，二者均有较强

的细胞毒作用，可与DNA形成交叉联结，对增殖期细胞各期均有杀伤作用，对S期细胞毒性更强。在一般临床用量可引起细胞及体液免疫功能的全面抑制。

口服易吸收，小剂量时生物利用度为90%以上，大剂量时为74%±22%。服药后1小时血药浓度达到高峰，血浆结合率13%～56%，血浆半衰期3～10小时。在肝内代谢，口服时随粪便排出部分原形药，静脉注射时粪便排出量甚微，代谢产物及少量原形药主要经肾排出，24小时排出量约为60%。

【临床应用】 对霍奇金病、网织细胞肉瘤、恶性淋巴瘤疗效较好，单独用药缓解率20%左右，中位缓解期3个月，与长春新碱等抗肿瘤药合用，完全缓解率可达60%以上。儿童急性淋巴性白血病可完全缓解，对急性粒细胞白血病、多发性骨髓瘤、乳癌以及头颈部癌也有一定疗效。与其他抗肿瘤药合用比单独用药疗效更好。

口服每次50mg，每日2～3次，总量10～15g。

静脉注射可根据具体情况，采用多种给药方法：每日或间日给药法，每次1～4mg/kg，总量8～10g；每周一次，每次800～1000mg，或每2～4周一次，每次30～40mg/kg，总量8～10g。

【不良反应】 恶心、呕吐、脱发是常见的不良反应。也可产生骨髓抑制，白细胞下降较明显，一次大剂量给药时，7～14天降到最低，14～18天可能恢复。大剂量间歇用药时约10%病人可能出现出血性膀胱炎，膀胱粘膜充血、出血、坏死，病员有尿频、排尿困难，血尿。一旦出现应停药。大剂量静脉用药时尚可造成心肌损害，弥漫性心肌坏死。可见皮肤色素沉着、粘膜溃疡、肺间质纤维变性、肝脏毒性等。

【注意事项】 ①孕妇、肝肾功能不良者慎用。②使用巴比妥等肝线粒体酶诱导剂可能加重环磷酰胺毒性，应避免合用。③鼓励病人多饮水，频排尿，可减轻出血性膀胱炎发生率。

第二节 抗代谢药

抗代谢药物是指一类与体内正常代谢物化学结构类似的抗肿瘤药物，在体内可与相似代谢物竞争同一酶系统，干扰正常代谢过程，或直接参与生化反应过程，但其产物无生理活性。这一类药物均能影响核酸、蛋白质的生物合成，可作用于肿瘤细胞增殖周期中的某一时相，抑制肿瘤生长。

主要抑制DNA合成，对S期最敏感。因也能抑制RNA、蛋白质的合成，对G_1、G_2期也有作用。

一、甲氨蝶呤

甲氨蝶呤（methotrexate）又名氨甲蝶呤（amethopterin）。

【药理作用】 叶酸同类物，为叶酸拮抗剂，与二氢叶酸还原酶形成不可逆结合，阻止叶酸还原生成四氢叶酸，使细胞内叶酸辅酶减少，妨碍胸苷酸、嘌呤核苷酸合成，干扰细胞内代谢，抑制DNA与RNA合成以及蛋白质合成。为细胞周期特异性药物，主要杀伤S期细胞，推迟细胞进入S期。

常用剂量下口服易吸收，剂量大时则吸收不完全，生物利用度65%。吸收后可分布于全身组织，血浆蛋白结合率50%～60%，静脉注射时血浆浓度与注射剂量有关。口服血浆浓度1小时达峰，血浆半衰期2小时。主要以原形从肾脏排出，少量经胆道从粪便排出。不易通过血脑屏障，但大剂量时在脑脊液中也能达到需要浓度。可能在肾脏残留数周，在肝内残留数月。

【临床应用】 本品为医学史中第一个能使绒毛膜上皮癌获长期缓解的药物。与更生霉素合用可使绒毛膜上皮癌患者获得治愈，长期无瘤生存。对急性淋巴细胞白血病、非霍奇金淋巴瘤、骨肉瘤，大剂量给药时有效率分别可达到90%以上、80%、40%～80%，对头颈部癌特别是口咽癌、恶性黑色素瘤、肉瘤、肺癌等也有一定疗效。将本品与不同作用机制的抗肿瘤药物合用，可对抗抗药性，提高疗效。

可口服，肌肉或静脉注射给药、鞘内注射。

小剂量给药法：肌内注射每日1次15～30mg，连用5天，间隔1～2周后重复。静脉注射20～40mg/次，每周1～2次。鞘内注射：5～15mg/次，每周1～2次。

对头颈部肿瘤小剂量给药时疗效低，易产生抗药性。易在严密监控甲氨蝶呤和四氢叶酸血药浓度

的情况下大剂量给药，每周一次，250～1000mg/m^2，总剂量可达3～7g。静脉滴注应在4～6小时内完成。并立即或稍后给予解救剂甲基四氢叶酸或甲酰四氢叶酸钙，可肌肉或静脉注射，每次6～15mg/m^2，每6小时1次，持续3日。

尚可作为免疫抑制剂使用，用于器官移植，治疗肌皮炎、类风湿性关节炎等。

【不良反应】 主要表现为骨髓抑制，白细胞及血小板减少，伴有出血。必须及时输注血小板，加强抗感染措施。可能发生严重溃疡性口腔炎、腹泻、出血性肠炎甚至肠穿孔。其他尚有皮炎、脱发，大剂量引起肝肾毒性，干扰胚胎发育。

【注意事项】 ①肝肾功能不全者慎用。②与水杨酸类、磺胺类、氯霉素、苯妥英钠合用时，这些药物可竞争与血浆蛋白的结合，增加甲氨蝶呤血液浓度，增加毒性。③孕妇禁用。④甲氨蝶呤在酸性尿中易沉淀，可用5%碳酸氢钠碱化尿液。应补充足够液体，必要时应用利尿剂。

二、氟尿嘧啶

氟尿嘧啶（fluorouracilum）又名5-氟尿嘧啶（Fluracil）。

【药理作用】 尿嘧啶类抗代谢药，进入体内后，要经过代谢后转变为5-氟-2′脱氧尿嘧啶核苷酸（F-dump）才能起作用，后者为胸腺嘧啶核苷酸合成酶抑制剂，阻断胸苷酸转变为脱氧胸腺嘧啶核苷酸，使DNA合成障碍，并能参入mRNA干扰蛋白质合成。对增殖细胞均有一定影响，对S期肿瘤细胞更敏感。

口服后20分钟达血药浓度峰值，但肠道吸收不完全。静脉注射后峰浓度迅速下降，$t_{1/2\alpha}$10～20分钟，$t_{1/2\beta}$20小时。主要在肝中代谢。10%～30%从尿中以尿素形式排出，60%～80%从呼吸道以CO_2排出，持续静脉滴注时呼气排出90%，仅4%从尿中排出。可通过血脑屏障。

【临床应用】 对消化系统、食管、胃、肝、胰腺、结肠等部位癌有效。对乳腺癌、口腔咽喉部癌、皮肤癌也有一定效果。可用作口腔颌面部癌瘤的动脉灌注治疗，对放射治疗有增敏作用。

本品可口服，100mg/次，每日3次，总量10～15g，可连续使用，出现毒性反应时停药。静脉滴注：10～15mg/kg，用生理盐水或5%葡萄糖液滴注，8小时完成，每日一次，连续5日后减少剂量1/2，并改为隔日静脉滴注，5～7g为一疗程。

静脉注射：12mg/kg快速静脉注射，3～5天后减半，可改为隔日注射。出现口腔炎或腹泻等毒性反应时停止治疗，如无上述毒性反应，可在首次注射后4周开始下一疗程，或每周一次静脉注射10～15mg/kg予以维持，总量8～12g。

动脉灌注：每日一次，每次250～500mg，总量5～10g。

尚有0.5%～2.5%软膏可外用治疗皮肤癌及癌前病变。

【不良反应】 毒性反应出现较晚。常首先出现食欲降低、恶心呕吐，口腔炎及腹泻，出现时应停药。骨髓抑制是主要毒性反应，表现为白细胞减少，重者合并血小板减少及贫血。首次注射后9～14天白细胞减少最严重，停药2～3周可恢复。还可引起皮炎、皮肤色素沉着，脱发及注射部位静脉炎。

【注意事项】 ①有肝肾功能损害、消化道出血患者慎用，孕妇禁用。②年高、骨髓受肿瘤侵犯或放射治疗影响者，营养不良者应减少用量。

三、阿糖胞苷

阿糖胞苷（cytarabine）又名胞嘧啶阿拉伯糖苷（cytosine arabinoside）。

【药理作用】 为2′-脱氧胞嘧啶核苷同类物，属嘧啶类拮抗剂。进入体内后被脱氧胞嘧啶核苷酸激酶激活，生成5′-单磷酸核苷酸（阿拉伯糖胞苷Ara-CMP），继在核苷酸激酶作用下生成三磷酸阿糖胞苷酸（Ara-CTP），具有抑制DNA多聚酶作用，可能掺入DNA分子，阻止DNA链延长，抑制DNA修复，也可抑制RNA，干扰糖脂与糖蛋白合成，导致细胞死亡。因其主要影响DNA生物合成及其功能，属S期特异性抗肿瘤药。具有较强的免疫抑制作用。

进入体内的阿糖胞苷可脱氧失活为无毒的阿糖尿苷（Ara-V），从尿中排出。10%以原形从尿中排出。口服不易吸收。静脉注射后血浆半衰期5～15分钟。易通过血脑屏障，连续静脉滴注时脑脊液浓度较高，鞘内注射半衰期2～11小时。

【临床应用】 急性粒细胞白血病的首选治疗药物，与其他抗肿瘤药合用时缓解率可达75%～

85%，对急性淋巴性白血病、恶性淋巴瘤等也有一定效果。

可静脉注射每次1mg/kg，每日2次，或0.5～1mg/kg，连续静脉滴注，连续5～7日，然后改为皮下注射1mg/kg，每周1次或每2周1次维持。

【不良反应】 一般剂量可引起骨髓抑制，白细胞、血小板减少及贫血。消化道反应较轻，可有恶心呕吐、腹泻。尚可伴有脱发、皮炎，血栓静脉炎等。

【注意事项】 ①肝肾功能不全、骨髓抑制、哺乳妇女及痛风患者慎用；②孕妇禁用；③定期检查血象。

四、羟基脲

羟基脲（hydroxycarbamide hydroxyurea）。

【药理作用】 为核苷酸还原酶抑制剂，阻止核苷酸代谢过程从而抑制DNA合成，并对DNA造成损伤。对S期细胞敏感，属细胞周期特异性药物，可使部分癌细胞同步化，并为放射增敏剂。

口服吸收良好，1～2小时达血药浓度峰值，半衰期3～4小时。易通过血脑屏障，12小时可从尿中排出80%。

【临床应用】 对慢性粒细胞性白血病疗效确切，对转移性恶性黑色素瘤、实体瘤如头颈部癌等也有一定效果，与放疗合用可治疗脑瘤、鼻咽癌。

可每3日1次间歇用药，每次80mg/kg，或每日1次20～30mg/kg，连续6周观察疗效，有效时可长期使用。亦可大剂量间歇给药，每次60～100mg/kg，24小时内3～4次，间歇4～7天后重复。

【不良反应】 主要为骨髓抑制，白细胞减少，巨幼红细胞贫血及血小板减少。可能发生胃肠道反应如口腔炎、呕吐、腹泻等。

【注意事项】 ①因可致畸胎，孕妇禁用；②肾功能不全者慎用。

第三节 抗肿瘤抗生素药物

从微生物产物中筛选出来具有抗肿瘤活性的物质，据报告已有千种以上，而临床应用有效者仅十余种。其化学结构包括酯类（如阿霉素）、亚硝脲类、糖肽类（平阳霉素）、糖苷类、氨基酸类、色肽类、蛋白质类、核苷类等，作用机制各不相同，多属于细胞周期非特异性药物。

一、平阳霉素

博来霉素（bleomycin）是轮生链霉菌发酵产物提取的糖肽类抗生素药物，50%～70%为A_2组份，对人类多种肿瘤如皮肤、头颈部癌等实体瘤有效，然而骨髓与免疫抑制作用轻微，故引起广泛重视并得到广泛临床应用，平阳霉素（pingyangmycin）是由浙江省平阳县土壤分离的微生物提取制成，主要组份为A_5。

【药理作用】 平阳霉素分子可插入DNA，由于超氧化物自由基或羟基自由基的作用，Fe^{2+}-平阳霉素复合物在DNA分子脱氧核糖糖苷键处发生氧化，生成Fe^{3+}-平阳霉素复合物，从DNA分子离解，还原为Fe^{2+}-平阳霉素复合物后又插入DNA分子中，如此反复发生氧化-还原过程，在每一个氧化还原周期都可能释放嘌呤基或嘧啶基，使DNA分子遭受损伤，发生断裂。对G_2期细胞杀伤活力强，并阻止G_2期细胞进入M期，属细胞周期特异性药物。在皮肤和肺组织中，由于缺乏平阳霉素水解酶，易产生毒性反应。

平阳霉素肌注时达峰时间1小时，半衰期2.5小时，静脉注射后血浆半衰期2～3小时。少与血浆蛋白结合，由肾脏排出。

【临床应用】 对头颈部鳞癌疗效显著，缓解期2～3个月，有效率20%～55%，对耐药淋巴瘤近半数有效。肌肉或静脉注射，每日或2～3日一次，每次8～16mg。静脉注射时宜在10分钟内完成。总量不宜超过400mg。

【不良反应】 5%～10%用药者可能发生肺炎样变、肺纤维变，高龄患者或总量>400mg时易发生，可能引起死亡，宜严加注意。1/3患者给药后3～5小时可能发热，一般数小时后消退。部分患者恶心呕吐，约1%淋巴肉瘤患者可能发生暴发性高热，并可能致死，可在开始治疗前用平阳霉素肌注1～2mg试验是否有超敏状态存在。皮肤可能出现色素沉着，并可能引起口炎、脱发。但无骨髓抑制表现。

【注意事项】 ①过敏史者、恶性淋巴肉瘤患者治疗前可用本品皮试，（1～2mg皮内注射）。②从小剂量开始渐增至常规剂量。③咳嗽、肺功能减

低、肺底部有啰音时及时停药。

二、阿霉素

【药理作用】 阿霉素（adriamycin，doxorubicin）为醌类抗生素，从链丝菌培养液取得。与柔红霉素结构相似。由于分子中蒽环配基上的醌-氢醌结构，具有接受电子与提供中子的能力，插入DNA相对碱基对之间，产生活性自由基，使DNA双股螺旋解旋，DNA链断裂、抑制核酸的模板活性。另外也可能引起细胞膜破裂，呈现细胞毒作用，属细胞周期非特异性药物。但最大细胞毒作用发生在S期，对早S期及M期细胞更敏感。

口服难吸收。静注后迅速分布全身，但不进入脑脊液，消除曲线为三相，每时相半衰期分别为12～30分钟、3小时、30小时。经肝脏代谢，50%原形药通过胆汁排除，5%～15%经尿排出。

【临床应用】 对急性白血病、霍奇金与非霍奇金淋巴瘤疗效较好，对尤文瘤、骨肉瘤、软组织肉瘤、甲状腺癌、头颈部鳞癌，小细胞肺癌等亦有一定疗效。常与其他抗肿瘤药合用。

静脉注射速度宜缓，每次不少于15分钟。每周1次给药法，每次20～35mg/m^2；每3周1次给药法，每次40～60mg/m^2，每3周连续3日给药法，每日1次，每次20～30mg/m^2，如合并用药时应减量。总量应控制在400～550mg/m^{2}以下。

【不良反应】 剂量超过500mg/m^{2}时，25%～30%可能发生心电图异常，心律不齐，心功能降低，少数病例可能发生充血性心力衰竭，心肌变性、局灶性坏死，甚至引起死亡。60%～80%可有骨髓抑制，表现为白细胞减少，血小板减少及贫血，7～10天降至最低，第4周可恢复。此外，尚可发生恶心呕吐、口腔溃疡等。

【注意事项】 ①肝功能损害者慎用。②发生心肌病早期征象时及时停药。③注射时勿漏出，以免引起组织坏死。如有漏出时可用氢化可的松加碳酸氢钠局部封闭。

第四节 抗肿瘤植物药

人类自古就有从种类繁多的植物中寻找药物的传统。祖国中医药宝库中，植物药占了绝大部分。有计划的从植物中按随机的方法或根据民间验方、中医理论等，从植物提取物中筛选抗肿瘤药物是一个值得重视的方向。证实有效并已用于临床的抗肿瘤植物药主要是生物碱类。

一、长春碱

长春碱（vinblastine）又名长春花碱（Velban）。

【药理作用】 为夹竹桃科长春花属植物长春花提取的生物碱。细胞内微管聚合在有丝分裂纺锤丝形成中起着关键作用，微管重要成分是微管蛋白。长春碱能与微管的蛋白二聚体特异性结合，低浓度时使之发生解聚，使细胞分裂终止于中期，染色体分散在细胞浆内，导致细胞死亡。因此，该药属作用于M期的细胞周期特异性药物。

口服吸收差，静脉注射后血液清除为双相性，$t_{1/2\alpha}$为4.5分钟，$t_{1/2\beta}$为190分钟，在血中约80%可能与蛋白结合。主要经肝代谢，从胆汁排泄、粪便排出，少量以原形从尿中排出。

【临床应用】 本品是治疗恶性淋巴瘤最有效药物之一，可使50%～90%病例好转。与平阳霉素、顺氯氨铂合用可使转移性睾丸瘤缓解，部分患者完全缓解。对乳腺癌、神经母细胞瘤、急性单核性白血病也有一定疗效。

初始剂量0.1mg/kg，静脉注射每周1次，白细胞保持在3×10^9/L以上时可略增加剂量，但不得大于0.3mg/kg，一个疗程总剂量60～100mg。小儿每周一次，每次0.1～0.15mg/kg。

【不良反应】 骨髓抑制为剂量限制性毒性，主要表现为白细胞减少，一般用药后4～10天降至低点，停药可恢复。神经系统毒性较轻，可能发生暂时性抑郁、末梢神经炎、头晕头痛。此外可能发生恶心、呕吐、腹泻等胃肠道反应。少数病人可有脱发、口腔炎。

【注意事项】 ①肝功能不全、阻塞性黄疸患者慎用。②稀释后静脉注射或滴注，防止药液外漏引起组织坏死。③有致畸、致突变作用，孕妇、哺乳妇女禁用。

二、长春新碱

长春新碱（vincristine）又名新长春碱（leurocristine）。

【药理作用】 对细胞内微管蛋白的作用与长春

碱相同，除此之外，还能抑制细胞膜类脂质合成及氨基酸在胞膜的转运。为细胞周期特异性药物，主要作用于M期，但剂量大时也杀伤S期细胞。比长春碱抗肿瘤作用更强，除可能与更生霉素、阿霉素交叉耐药外与其他抗肿瘤药无交叉耐药性。

药代动力学与长春碱类似。组织摄取及分解破坏迅速，一次静脉注射血液清除半衰期亦呈双相：$t_{1/2\alpha}$6～10分钟，$t_{1/2\beta}$190分钟，经肝脏代谢，胆汁排出。

【临床应用】 对霍奇金病及其他恶性淋巴瘤、各类急性白血病有效。先注射长春新碱，6小时后应用平阳霉素，每周2次，对小细胞肺癌有效。对乳癌、宫颈癌、多发性骨髓瘤、生殖系统癌症等也有一定效果。

静脉滴注剂量1～1.4mg/m^2，每周1次，总剂量不超过20mg。

【不良反应】 对神经系统毒性比长春碱大，可有指、趾端感觉异常、肌无力、深部肌腱反射消失、头晕、头痛、复视等，其早期症状为耳鸣与肢体麻木感。及时减量或停药可避免严重神经毒性。对骨髓抑制较长春碱为轻。可引起脱发、恶心、呕吐、便秘，多尿、排尿困难等。

【注意事项】 ①肝功能不全患者慎用。②静脉滴注时注意防止药液外漏。

三、羟基喜树碱

【药理作用】 珙桐科植物喜树提取生物碱喜树碱的羟基衍生物，比喜树碱抗瘤谱广，而毒性较小。羟基喜树碱（hydroxycamptothecine）可抑制DNA拓扑异构酶Ⅰ，从而抑制DNA、RNA合成，导致DNA链断裂，杀伤S期细胞，使其不能进入G_2期，属细胞周期特异性药物。一次静脉注射$t_{1/2\alpha}$为4.5分钟，$t_{1/2\beta}$为29分钟。随胆汁从粪便中排出，48小时排出量47.8%，尿中排出仅12.8%，药物原形主要从尿中排出。

【临床应用】 对急慢性粒细胞白血病、消化道癌以及头颈部癌有效。每日或间日静脉注射一次4～8mg，60～120mg为一疗程。

【不良反应】 可有骨髓抑制，白细胞减少。胃肠道反应如恶心、呕吐，较少发生泌尿道刺激症状。

【注意事项】 ①孕妇忌用。②用药多饮水。③本品宜以生理盐水稀释后立即注射。

第五节 其他抗肿瘤药

一、顺 铂

顺铂（cisplatin）又名顺氯氨铂（cis-diaminodichtoroptatin）。

【药理作用】 为顺式双氯双氨铂，无机水溶性铂类配位复合物，70年代初用于临床，近20年来应用日渐广泛。

顺铂进入细胞内后由于分子结构中的氨解离而形成活性配体部位，可与DNA分子鸟嘌呤或嘧啶碱基结合，形成链内及链间交联，影响DNA合成与复制，抑制癌细胞分裂。也有人认为其抗癌作用与肿瘤细胞膜在顺铂作用下原先屏蔽的表面抗原暴露，刺激自身免疫系统有关。其细胞毒作用类似双功能基烷化剂，为细胞周期非特异性药物。

静脉注射后约90%与血浆蛋白结合。血浆中分布相半衰期$t_{1/2\alpha}$20～49分钟，消除相半衰期$t_{1/2\beta}$58～73小时。主要经尿排出，5天后约排出50%。

【临床应用】 顺铂为广谱抗癌药物，对睾丸瘤、卵巢癌等效果较好。对鼻咽癌、头颈部鳞癌、肺癌、成骨肉瘤、黑色素瘤、间皮细胞瘤等也都有一定效果。一般见效快，但缓解期短。常与其他抗肿瘤药合用、或与放射治疗、热疗、手术等配合使用。

可每日一次静脉滴注本品20mg/m^2，连续5日，2～4周后重复，共重复3～4次作一疗程，或80～120mg/m^{2}静脉滴注，每3～4周重复一次，共3～4次作一疗程。大剂量用药时宜用水化疗法，用药前输入1000～2000ml液体，静脉滴注药物时与20%甘露醇200～250ml，生理盐水或5%葡萄糖溶液合用，6～8小时内滴完，此后可继续保持液体滴注或应用利尿剂，使用药后数小时内保持每小时尿量200ml左右，以减轻毒性。联合用药可提高疗效。

【不良反应】 用药后1～4小时，70%以上病人发生恶心、呕吐，可持续24小时。用药前用灭吐灵、苯海拉明等可减少呕吐。肾脏毒性为剂量限

制性毒性，可引起肾小管肿胀、退行性变，血清尿素氮升高，肌酐清除率降低，血尿、蛋白尿，甚至尿毒症，水化疗法有保护肾脏作用。可引起神经毒性，高频听力丧失及周围神经炎。可对骨髓产生轻度到中度抑制。白细胞减少及血小板减少，多出现在用药后2～4周，可恢复。有时用药后数分钟发生过敏反应，宜及时采取静脉注射肾上腺素等抗过敏措施。

【注意事项】 ①用药时定期检查血、尿常规、肾脏功能，出现毒性反应时停药。②勿与铝制剂配伍。

二、卡　铂

卡铂（carboplatin）又名碳铂（paraplantine）。

【药理作用】 顺铂同类药物。为提高疗效，减少顺铂毒性而合成的第二代铂类配合物。作用原理与顺铂相同，由于铂与DNA鸟嘌呤残基结合而引起DNA链内或链间交联，阻止DNA合成及其螺旋解链，造成细胞毒性。脉注射该药后，在血浆中较顺铂稳定，血浆蛋白结合率24%，血浆中分布相半衰期 $t_{½α}$ 1.1～2小时，消除相半衰期 $t_{½β}$ 2.6～5.9小时。大部分在给药后60小时内经肾排出，24小时可回收70%。

【临床应用】 对睾丸癌、卵巢癌、头颈部鳞癌、小细胞肺癌等有效。与其他化疗药物无交叉耐药性，可单独用药，也可配合其他化学药物使用，并可配合手术、放疗以提高疗效。

成人每次300～400mg/m^2，加于5%葡萄糖注射液250～500ml中静脉滴注，每4周重复1次，2～4周期为一疗程。

【不良反应】 骨髓抑制为剂量限制性毒性，用药2～3周白细胞及血小板减少达低点，4周后可恢复。肾毒性低于顺铂，约1/4病人可能发生肾功能受损。胃肠道刺激症状较顺铂为轻，近半数病人可能发生恶心、呕吐，24小时消失。耳毒性小于顺铂，可能引起高频听力减弱。周围神经毒性发生率在6%以下，表现为感觉异常，深层反射降低。过敏反应轻微，可有红斑疹、瘙痒、发热等。

【注意事项】 ①肾功不全、骨髓抑制史、机体功能低下者应减量。②定期检查血常规及肾功能，出现毒性反应时及时减量或停药。

第六节　抗肿瘤药物的合理使用

头颈部恶性肿瘤约占全身恶性肿瘤的20%左右，其中以鳞癌最多见，其次为腺癌及间叶肿瘤，如恶性淋巴瘤、肉瘤等。其生物学行为以局部浸润、扩散、局部淋巴结转移为主。对早中期肿瘤手术及放射治疗是主要治疗手段。自50～60年代将抗肿瘤药物引入头颈部肿瘤治疗领域，70年代证实手术或放疗后辅助化疗确能提高疗效以来，化疗药物在头颈部肿瘤治疗中得到了广泛的使用。但由于头颈部肿瘤对化学治疗药物仅中度敏感，单种药物疗效较差，必须合理用药才能提高疗效、减少毒副反应。

一、抗肿瘤药物的应用方式

1. 诱导化疗　联合使用强有力的化学药物，使肿瘤体积缩小，为手术或放射根治创造条件。特别适用于晚期头颈部恶性肿瘤患者。有的抗肿瘤药物如5FU还可起到放疗增敏作用。

2. 辅助化疗　尽管手术或放疗可切除或消灭大部分肿瘤组织；如有少量残留而未得及时处理，静止的 G_0 期肿瘤细胞可迅速变为增殖细胞，大量繁殖，造成局部复发。对微小的远转移灶，手术或放疗处理有困难，局部配合化疗则能消灭残存肿瘤细胞。大量研究报告证明手术或放疗后辅助化疗确可减少局部复发，延长无病生存期。

3. 姑息治疗　对晚期头颈部肿瘤，不能采用其他治疗手术者适用，可能延长病员生存时间，改善生存质量。

二、合理用药原则

1. 与其他有效治疗手段配合使用。

2. 根据头颈部肿瘤的病理类型、分化程度、临床分期、病人全身状况等特点，选择适合于该个体的敏感有效药物。

3. 避免小剂量长期连续给药，采用中剂量间歇给药或大剂量冲击疗法可提高对肿瘤细胞杀伤力，减少耐药性及对免疫系统的抑制作用。

4. 根据肿瘤细胞增殖动力学，确定用药周期及疗程。

5. 联合用药时选择作用机制不同，毒性不重叠的药物合用。

6. 积极采取减少药物毒性的措施，加强全身支持疗法，及时处理不良反应。

三、常用联合用药方案

1. 二药合用 DF方案：首日静脉滴注顺氯氨铂（DDP）100mg/m^2（或卡铂400mg/m^2），第1～4天静脉滴注氟尿嘧啶（5FU）1000mg/m^2，每月一次，3周期后手术或放疗，对头颈部肿瘤有效率60%～86%。其他常用的二药合用方案有：卡铂+甲氨蝶呤（MTX），平阳霉素+顺铂等。

2. 三药合用 MDF方案：首日静脉滴注MTX 120mg/m^2，24小时后静脉滴注DDP mg/m^2，连续5日滴注5FU 1000mg/m^2，每3周为一周期，头颈部肿瘤有效率88%。

BMV动脉注射方案：平阳霉素8～16mg（8小时），第1、6～9、11～14天，MTX 50mg（8小时），第5、10、15天，长春新碱（VCR）1mg（1小时）第1、6、11天。对口腔鳞癌有效。

其他常用的三药合用方案：

DBV：DDP+平阳霉素+长春新碱（VCR）

BMF：平阳霉素+MTX+5FU

3. DMBV方案 MTX 400mg/m^2 第1，15天，DDP 50mg/m^2 第4天，平阳霉素8mg/m^2，第1、8、15天，VCR 2mg/m^2，第1，8、13天，均为静脉注射或滴注。每3周一次，对头颈部肿瘤有效率达63%～70%。

其他还有不少经过验证证明有一定疗效的2～4药合用方案，可参阅有关专著。

（史宗道）

第八章　免疫调节药

机体免疫系统正常行使功能对维护人体的动态平衡非常重要，一旦发生免疫功能紊乱则表现为多种免疫疾病。免疫调节药是指一类能调节机体免疫功能的药物，可分为免疫抑制剂与免疫增强剂两大类。免疫抑制剂主要用于治疗变态反应及器官移植的排斥反应。免疫增强剂则主要是治疗免疫缺损或免疫功能不全。

第一节　免疫抑制剂

免疫抑制剂（immunodepressant）为非特异性抑制机体免疫功能的药物。

一、肾上腺皮质激素

正常情况下由人体肾上腺皮层分泌。包括糖皮质激素如氢化可的松、可的松等，以及与体内电解质平衡有关的盐皮质激素如醛固酮等。20 世纪 30 年代以来，卓有成效的基础与临床研究不仅阐明了肾上腺皮质激素的化学结构、生理作用而且在改进结构的基础上合成了很多同类物，基础与临床研究业已证明糖皮质激素具有很强的抗炎作用及较弱的免疫抑制作用。

【药理作用】 肾上腺皮质激素具有较弱的免疫抑制作用，可减轻自身免疫疾病的症状，推迟器官移植时的免疫排斥反应，抑制细胞免疫，对迟发性过敏反应有较好的疗效。但是这种免疫抑制作用一般不持久，停药易复发。治疗剂量不影响抗体产生，大剂量给药时对体液免疫有一定作用，降低血清抗体水平。这种免疫抑制作用是通过多种途径达到的。

1. 能溶解淋巴细胞或引起其分布的变化，减少参与免疫过程的淋巴细胞数量，减少淋巴因子的产生，干扰或阻断淋巴细胞识别抗原的能力。

2. 抑制巨噬细胞对抗原的吞噬、加工和递呈功能，减少巨噬细胞和淋巴细胞产生炎症因子，如白细胞介素-1（IL-1）、白细胞介素-2（IL-2），γ-干扰素等。

3. 阻碍补体成分附着于细胞表面。

4. 抑制抗原抗体反应，抑制 IgG、IgA 的产生。

5. 对免疫引起炎症反应的非特异性抑制作用这种抑制作用主要表现在以下几方面：拮抗组胺、缓激肽的扩血管作用；提高血管对儿茶酚胺等收缩血管物质的反应；拮抗组胺及 5-羟色胺增加血管通透性作用；抑制巨噬细胞的游走、趋化、在炎症区的聚集及其功能；稳定肥大细胞和溶酶体膜，减少炎症介质的释放等。

【临床应用】

1. 氢化可的松（hydrocortisone） 又名氢可的松（dortisol）。短效类糖皮质激素，半衰期 8～12 小时，有片剂、注射剂（含醇约 50%）、混悬液、乳膏剂等剂型供临床应用。

片剂常用于肾上腺皮质功能不全的替代治疗、与自身免疫有关的疾病如类风湿性关节炎、支气管哮喘等，每日一次，20～40mg，晨服。

注射剂主要作危重病人抢救使用，每日 100～200mg，视病情需要确定剂量，但必须用生理盐水或葡萄糖注射液稀释后静脉滴注。连续应用时要注意有较强水钠贮留及排钾作用。另注射液中含醇，中枢抑制及肝功不全者慎用。

混悬液用于关节腔内注射治疗类风湿性或骨关节炎、关节创伤，颞颌关节用量为 0.5ml（12.5mg），混合局麻剂 0.5～1ml 注射。腱鞘炎时可注射于腱鞘内，肌肉、肌腱损伤、劳损也可局部注射，但应少量应用，不宜反复多次局部注射。

膏剂可外用治疗过敏性皮炎。

2. 泼尼松（prednisone） 又名强的松（dehydrocortisone）。中效类糖皮质激素。血浆半衰期＞200 分钟，半效期 12～36 小时，抗炎、抗过敏作用比氢化可的松强 2.5 倍，而水钠贮留及排钾作用较弱，常用片剂剂型。口服吸收后需在肝中转化为氢化可的松始有生物活性。

对变态反应性疾病、自身免疫性疾病、器官移植后的排斥反应及恶性肿瘤的治疗等都有较好的效

果，一般每日 1 次，晨服 15～60mg，(可增至100mg)，或晨 8 时服一日量 2/3，中午 12 时服一日量的 1/3。

3. 氢化泼尼松（predinsolone） 又名强的松龙（dehydrohydrocortisone）。中效类糖皮质激素。血浆半衰期、半效期及临床应用同泼尼松，抗炎作用比氢化可的松强 3 倍，有片剂、注射剂型及混悬液剂型，片剂每日 20～40mg，分 3～4 次服；静脉注射每次 10～25mg，5%～10%葡萄糖溶液稀释后静脉滴注。混悬液可作关节腔内注射用，颞颌关节腔内注射常用量每次 0.5ml，12.5mg，与局麻剂合用注射，视情况可每周重复一次，3～4 次为一疗程。不可连续大剂量注射，以免造成髁突坏死吸收。

4. 地塞米松（dexamethasone） 又名氟美松（decordron）。长效类糖皮质激素，血浆半衰期＞300 分，半效期 36～54 小时，抗炎作用约为氢化可的松的 30 倍。抗过敏作用更强，几乎无水钠储留和排钾作用。有片剂、注射剂及软膏剂型。口服每日 1.5～3mg，每日晨服第次或早晚 2 次分服。肌内或静脉注射，每次 5～10mg。适用于重症及危重病人的抢救治疗，软膏可外用治疗过敏性皮炎等。

【不良反应】 参见第六章。

【注意事项】 参见第六章。

二、环磷酰胺

【药理作用】 淋巴组织对氮芥类（尤其是环磷酰胺）烷化剂的细胞毒损伤作用敏感，能产生较强的免疫抑制作用，在对抗器官移植排斥反应及治疗以异常免疫反应为特征的非肿瘤性疾病时，最常应用的即是环磷酰胺（cyclophosphamide）。能杀伤抗原敏感淋巴细胞和处于增殖期的淋巴细胞，使血液循环中的淋巴细胞数量减少，抑制天然杀伤细胞的功能，增加对特异抗原的免疫耐受性，抑制体液和细胞免疫应答，阻止移植物的抗宿主反应及机体的排斥反应。

【临床应用】 适用于多种自身免疫疾病如坏死性肉芽肿、结节性多动脉炎等，每日 2mg/kg，出现疗效后减量。可连续 1～2 年服药，并可能达到治愈。类风湿性关节炎每日服药 1～2mg/kg，长期服用可明显改善症状，控制疾病发展。与糖皮质激素合用治疗肾病综合征，系统性红斑狼疮也有一定效果。对抗器官移植排斥反应及移植器官的抗宿主病，可将环磷酰胺与糖皮质激素、抗淋巴球蛋白等合并用药。

【不良反应】及【注意事项】 参见第十章。

三、甲氨蝶呤

【药理作用】 甲氨蝶呤（methotrexate）为作用强大的免疫抑制剂。可抑制细胞免疫与体液免疫，对体液免疫作用更强，并有抗排异作用，可用以防治迟发性超敏反应。多与该药对骨髓中淋巴干细胞、T 淋巴细胞及 B 淋巴细胞的抑制有关。

【临床应用】 主要用于防治自身免疫病如类风湿性关节炎、系统性红斑狼疮、坏死性肉芽肿及牛皮癣等，从每次 5～10mg，每周一次开始，渐增至每次 15～20mg，每周一次，显效后改为每月一次。骨髓移植后抑制排斥反应，可于移植后第 1、3、7、11、18 天各静脉注射 1 次，剂量 0.5mg/kg，然后改为每周 1 次共半年。

【不良反应】 参见第七章。

第二节 免疫增强药

一、胸腺素

【药理作用】 胸腺素（thymosin）是从牛、猪胸腺提取的小分子多肽类物质。含胸腺素 F_5，胸腺素 A_1，胸腺体液因子，血清胸腺因子等。对分化中的 T 淋巴细胞敏感，可促进骨髓多能干细胞中的淋巴干细胞分化，使骨髓中及外周血中的前 T 淋巴细胞分化成熟为有免疫活性的 T 淋巴细胞，如辅助 T 淋巴细胞（T_H）、杀伤 T 淋巴细胞（T_C）、抑制 T 淋巴细胞（T_S）等，从而增强或抑制 B 淋巴细胞产生抗体，恢复机体的免疫平衡，还能提高巨噬细胞的吞噬能力，提高补体 C_3 及调理素水平。

动物实验研究显示胸腺因子 D 肌注后 1 小时血药浓度达峰值。血浆半衰期 $t_{1/2}$ 1.5～4 小时，4 小时后尿中排泄达峰值。

【临床应用】 可治疗自身免疫疾病如系统性红斑狼疮、硬皮病、肾病综合征等，对真菌感染、重型肝炎等也有一定疗效，也可用于肿瘤病人的辅助

治疗。可肌肉注射，静脉注射及皮下注射，以静脉注射效果较好。每日剂量1次注射4～12mg，每日或间日1次，1个月为一疗程，症状改善后可每周一次，长期维持，重症可用20mg/次。

【不良反应】 偶见过敏反应，对有过敏史者，或长期停用再次使用者，可作过敏试验，配成10μg/ml稀释液，0.1ml皮内注射，15分钟观察局部反应，局部红肿≥1.0cm者判为阳性。

二、转移因子

转移因子（transfer factor）又名正常人白细胞转移因子（TF）。

【药理作用】 正常人白细胞转移因子是从正常人外周血白细胞溶解产物中提取的可透析提取物，主要成分为活性多肽，是由核苷酸、多肽组成的小分子物质。也可从动物（猪、牛、羊等）外周血白细胞、脾脏及淋巴制备，称为动物转移因子。正常人白细胞转移因子为非特异性转移因子，动物转移因子通常是用一定剂量特种抗原免疫动物，待其达到最佳免疫状态时制备，这种转移因子可称为特异性转移因子。转移因子由于是小分子肽类物质，无种属特异性，无抗原性。

转移因子可将供体抗原特异性细胞免疫转移给免疫反应阴性的受体，不转移体液免疫，并有刺激非特异性免疫的作用。其结周是提高受体的细胞免疫功能，增强产生迟发性超敏反应的能力。

【临床应用】 用子治疗因先天及后天免疫功能低下所致疾病，如细菌、病毒、真菌引起的细胞内感染疾病，如带状疱疹、流行性腮腺炎、慢性乙肝、复发性口疮，白色念珠菌病、白塞病等，对恶性肿瘤治疗有辅助作用。

可行皮下注射或肌内注射，临近淋巴结区域注射效果更佳，每次1～2个单位，每周1～2次，8～10次作1疗程。

【不良反应】 可能有一过性皮疹、发热、局部可有肿痛硬结。

【注意事项】 转移因子为液体型者，在-20℃保存，有效期一年，普通冰箱保存有效期仅1个月，冻干型则可在-10℃保存，有效期达2年。

三、左旋咪唑

【药理作用】 左旋咪唑（levamisole，LMS）为四咪唑左旋异构体，是抗寄生虫病药，对多种线虫、蛲虫及蛔虫病有效。但在实验动物及人体中已证明其具有免疫刺激作用。这种作用只有在免疫缺陷或免疫受到抑制的患者才出现，其机制是促进T淋巴细胞的前体细胞成熟并恢复功能，促进多形核白细胞、巨噬细胞的增殖和活化，增强其功能，恢复抗体水平。

口服后迅速吸收并分布于全身组织，成人口服150mg后，2～4小时血药浓度达高峰，24小时后消失，主要经肝代谢，代谢物及约5%原形药由尿中排出。单剂量用药后免疫调节作用可持续5～7天。

【临床应用】 可治疗由病毒、细菌、真菌引起的慢性复发性感染，如复发性口唇疱疹；可能与免疫因素有关的疾病如多发性阿弗他性溃疡、类风湿关节炎、系统性红斑狼疮等，可作为恶性肿瘤的辅助治疗，提高患者抗肿瘤免疫力，如术前给药防止术后出现T细胞反应低下，在头颈部癌治疗中可与其他抗癌药合并使用减少骨髓抑制，增强特异淋巴细胞对肿瘤的细胞毒作用。

用法：每次30～50mg，每日3次，连用3日后停7～11天重复，半年作一疗程。或每周1日用药，一日内总量150mg，分3次给药。

【不良反应】 在长期连续用药者5%～10%可能发生粒细胞减少及血小板减少。有时可发生食欲减退，恶心、呕吐、腹痛等消化道反应，头晕、失眠等神经系统反应，关节酸痛、乏力等，偶见皮疹。

【注意事项】 ①肝炎活动期忌用；②用药期间定期复查血象。

四、干扰素

干扰素（interferons）又名人血细胞干扰素（IFN）。

【药理作用】 干扰素是具有抗病毒活性并能调节细胞功能，具有种属特异性的细胞因子，属糖蛋白类物质。在脊椎动物机体细胞内存在其结构基因和调节基因，但平时处于静止状态。可由干扰素诱生剂诱导人白细胞对病毒感染应答产生，或基因工程法用大肠杆菌作为宿主菌生产，据抗原性可分成INF-α、INF-β、INF-γ三种类型，前两者基因在第9号染色体，γ基因位于11号染色体，分别产自白

细胞、成纤维细胞、上皮细胞和免疫T淋巴细胞。分子量16～27kD。干扰素不直接杀死病毒，而是作用于靶细胞膜受体后，使抗病毒蛋白基因去抑制，合成抗病毒蛋白mRNA抑制其合成和复制，使机体细胞建立对多种病毒感染的抵抗能力。干扰素还能抑制迅速分裂的肿瘤细胞，改变其细胞膜特性，抑制抗抗体反应，增进和激活巨噬细胞、自然杀伤细胞（NK）的活性，起到杀死肿瘤细胞，抑制其生长的作用。干扰素还能调节T、B淋巴细胞功能及抗体生成，激活巨噬细胞，增强自然杀伤细胞和中性白细胞的活性。

口服失活，可肌内、皮下注射、局部注射及外用。肌注后血浆半衰期2～6小时，不易透过血脑屏障，在肝、肾代谢。

【临床应用】 适用于病毒性疾病如单纯疱疹、流行性腮腺炎、狂犬病，乙型脑炎、带状疱疹病毒、乙型肝炎、丙肝、丁肝、巨细胞病毒感染等。自身免疫性疾患如类风湿性关节炎等。恶性肿瘤如恶性淋巴瘤、白血病、多发性骨髓瘤、成骨肉瘤、恶性黑色素瘤，可用于各期肿瘤的治疗、手术后治疗防止转移等。对器官移植者可防止继发病毒、细菌感染，抑制排斥作用。

肌肉注射给药时可每日或隔日注射1次，每次(3～6)×106u，或间断给药(1～3)×107u，连续5日，每四周重复一次。

【不良反应】 可有低烧、恶心、呕吐、厌食，疲劳，手足麻木，共济失调，注射区红斑，脱发，骨髓抑制，如白细胞及血小板减少，肝功能障碍、转氨酶升高等，但多为一过性，停药即可好转消失。

【注意事项】 ①孕妇、哺乳妇女、婴幼儿慎用。②对干扰素过敏者史者禁用。③配成液体后失活较快，宜当日用完。

五、白细胞介素-2

白细胞介素-2（interleukin-2）又名白介素-2（IL-2）。

【药理作用】 由淋巴细胞及其他某些体细胞在抗原刺激下产生、可促使淋巴细胞增殖的细胞因子，是可介导及调节机体免疫功能的一种的活性糖蛋白物质，已可用基因工种重组技术生产。

白细胞介素-2是由133个氨基酸组成的肽链，其折叠结构具有活性，其基因在第九号染色体。可促使辅助T淋巴细胞和抑制T淋巴细胞增殖；活化自然杀伤细胞，促进其增殖，保持杀伤活性；诱导杀伤T淋巴细胞（CTL）和淋巴因子活化淋巴细胞（LAK），增强其细胞杀伤活性；促进B淋巴细胞的增殖及分泌免疫球蛋白的功能。在诸多细胞因子的网络中起核心调节作用。

静脉注射后血清浓度随剂量增加而升高。皮下或肌内注射时其峰浓度低于静脉注射时血清浓度。肌肉注射时生物利用度34%，肾为分解排出器官。清除半衰期$t_{1/2}$为85分钟。

【临床应用】 慢性活动性肝炎，用0.25×106u～0.5×106u，每日一次，连续3～4周，可使部分患者HBeAg、HBsAg转阴，出现相应抗体。在应用乙肝疫苗时同时应用该药可提高抗体产生率。在肺结核，麻风、烧伤后细菌感染、疟原虫抗感染治疗中，配合应用可提高临床疗效。可作为艾滋病的辅助治疗之一。

已试用治疗多种癌，对肾癌、恶性黑色素瘤、乳腺癌等有一定疗效可用0.5×106u～2×106u静脉滴注，每日一次，每周5日，连续四周作一疗程。在对各种晚期肿瘤进行生物治疗中，常规应用本品。如过继免疫疗法中，是用含白细胞介素-2的培养液，使从病人分离的淋巴细胞活化，诱导产生LAK细胞（淋巴因子活化淋巴细胞），再回输给病人；在用肿瘤浸润淋巴细胞（TIL）作转基因治疗时，要使用白细胞介素-2培养，扩增TIL，再回输给病人，生物疗法业已证明是有效的肿瘤治疗方案之一。

【不良反应】 白细胞介素-2可引起发热、寒战、乏力关节痛等全身症状，恶心、呕吐等消化道症状，认识障碍等中枢神经系统症状、低血压、钠潴留，血钙与血磷降低，外周血淋巴细胞及单核细胞减少等。重者可引起急性充血性心衰，呼吸窘迫。

【注意事项】 ①对上述不良反应可及时采用对症治疗。②合用皮质激素可本品不良反应。

六、聚 肌 胞

聚肌胞（poly IC）又名聚肌胞苷酸（polyinosinic-polycytidylic acid）。

【药理作用】 干扰素诱导剂，可诱导机体细胞

产生内源性干扰素，使正常细胞产生抗病毒蛋白因子，干扰病毒繁殖。干扰素水平提高能增强免疫功能，使杀伤细胞（NK）、细胞毒性T淋巴细胞的活性增强，吞噬细胞活力上升，具有广谱抗病毒、抗肿瘤作用。但对免疫缺陷者不能诱生干扰素。

【临床应用】 肌内注射治疗病毒性感染如带状疱疹、单纯疱疹、流感、病毒性肝炎等，与自身免疫可能有关的疾病如类风湿性关节炎、复发口疮，扁平苔藓等。常用量每次2mg，1日内1～3次，每周2天，2～3个月为一疗程，或6～8mg隔日一次。流感可用滴鼻剂。

【不良反应】 少数病人注射后可有低烧、4～8小时时可减退，并有恶心、呕吐、食欲下降者。

【注意事项】 ①孕妇及过敏体质者禁用。②心脏病及肾功能减低者慎用。

（史宗道）

第九章　消毒防腐药

消毒防腐是消毒药（disinfectents）与防腐药（antiscpeics）的总称，在一般浓度下，前者是指能迅速杀灭病菌微生物的药物；后者是指能抑制微生物生长繁殖的药物，两者之间无明显界限，低浓度的消毒药有时也只是抑菌作用，而高浓度的防腐药在某些条件下亦能显示杀菌之功效。消毒防腐药对病原微生物无特殊的抗菌谱，对机体和病原微生物之间无明显选择作用。吸收以后对人体脏器有损伤呈现强烈的毒性，故一般不作全身用药。主要用于体表（皮肤、粘膜、伤口等）、器皿、器械、排泄物、周围环境等消毒，该类药物在口腔临床局部治疗中广泛应用。

本类药物大多数能使病原微生物蛋白质凝固或变性（如酚类、醇类、醛类、重金属化合物等），干扰病原微生物的重要酶系统的代谢（如重金属化合物、氧化剂、卤素类、染料类等）；降低病原微生物细胞表面张力，增加胞浆膜的通透性，使细胞破裂或溶解（如表面活性剂、氯己定等）而达到抑制或杀灭病原微生物的作用。消毒防腐药作用的强弱，除了药物化学结构和分配系数等的内在因素外，亦要注意药物的外在因素，如病原微生物的种类、药物浓度、作用时间、溶媒及环境因素（如有机物、pH、温度、湿度、药物配伍及相互作用等），只有全面考虑各种条件，才能使药物发挥最佳的有效作用。

作为消毒剂通常根据作用强弱，可分为高效、中效、低效。高效一般指对一切病原微生物均有杀灭作用，如戊二醛等；中效是指除芽孢外的一切病原微生物有杀灭作用，如酚类等；低效一般指具有亲水性，除对病毒、芽孢、结核杆菌外的病原微生物均有杀灭作用，如氯己定等。

第一节　酚　　类

酚类药物包括苯酚及其衍生物，随着苯酚结构中引入不同取代基（烃基、卤素、羟基等）和引入甲基的位置不同，其作用和毒性随其发生变化，显示不同程度与病原微生物的蛋白质结合使之沉淀、变性，呈现抗菌、局部麻醉、腐蚀等作用。口腔临床局部治疗上常用的药物有苯酚、甲酚、麝香草酚、木馏油（酚）、丁香油（酚）、愈创木酚、对氯酚、间苯二酚等。该类药物遇光或长期放置与氧化，色泽加深，应置于避光容器中保存。

一、苯　　酚

苯酚（phenol）又名石炭酸，为无色或淡红色的针状结晶或结晶性块、有特臭，遇光或在空气中色渐变深，有引湿性，水溶液呈酸性反应，溶于水（1∶15），易溶于乙醇、甘油、乙醚、氯仿、脂肪油或挥发油。

【药理作用】 为原浆毒类药物，能使菌体蛋白变性而呈现杀菌作用，不同浓度呈现不同程度的抗菌作用：0.2%有抑菌作用，1.3%可杀灭真菌，5%可在24小时内杀灭结核杆菌，对芽胞、病毒无效；稀溶液能使感觉神经末梢麻痹呈局部麻醉作用。0.5%～1.5%具有止痒作用等。能从皮肤、粘膜和消化道吸收，在体内部分经氧化成对苯二酚（氢醌）及邻苯二酚，大部分（约80%）以原形与醛酸和硫酸结合由肾脏排泄；成醌代谢物可使尿带绿色。

【临床应用】 可用于器械的消毒和排泄物的处理，也用于皮肤止痒。通常与其他药物配伍使用，如硼砂酚醛器械消毒液，酚甘油滴耳剂，苯酚软膏，口腔科用樟脑苯酚溶液、碘酚等。

【不良反应】 误服本品可引起广泛的局部组织腐蚀并出现疼痛、恶心、呕吐、出汗、腹泻和短暂兴奋，随之出现神经系统的抑制，呼吸和循环衰竭、肺水肿、肝肾坏死和功能衰竭。高浓度外用亦可引起组织损伤，即出现由皮肤或粘膜蛋白凝固→变白→局部灼烧感而麻木→神经末梢麻痹→组织坏死脱落等。

【注意事项】 ①对皮肤与粘膜有腐蚀性，若误沾于局部应立即涂搽乙醇或甘油以减少对局部的损

害。②用于体表的水溶液，浓度不宜超过2%，以防组织损伤甚至坏死。③本品禁与生物碱性、铁盐、铝凝胶、火棉胶等配伍。

二、甲　酚

甲酚（cresol）又称煤酚，通常用其邻位、间位、对位的三种甲酚异构体的混合物。系无色或淡棕黄色油状澄明液，有类似酚的臭气，微带焦臭，久贮或露置日光下，色泽变深，略溶于水，能与乙醇、乙醚、甘油、脂肪油或挥发油任意混合，亦能在氢氧化碱溶液中混溶。其饱和水溶液呈中性弱酸性反应。

【药理作用】 为原浆毒类药物，能使菌体蛋白变性，其药理作用同苯酚，抗菌作用较苯酚强3～10倍，毒性与腐蚀性较苯酚小，0.3%～0.6%溶液10分钟能杀灭大部分致病菌，高浓度长时间也能杀灭芽孢。吸收、代谢、排泄同苯酚。

【临床应用】 单独应用较少，通常与其他药物配伍用于消毒手、器械、环境及排泄物的处理，如甲酚皂溶液（来苏儿）、甲醛甲酚液。

【不良反应】 大量误服后能很快出现休克而致死。慢性中毒能引起消化及神经系统紊乱、皮疹及尿中毒症。据报道，误服的来苏儿吸收后，药物直接氧化红细胞，会出现溶血反应，高铁血红蛋白血症等。

【注意事项】 用含本品的来苏儿稀释后洗手或皮肤消毒浓度不宜超过2%。含本品的药液亦不宜作橡皮、塑料或有类似物品的消毒，以避免吸附甲酚的物品接触皮肤引起灼伤，禁用于皮肤及伤口。

三、对氯苯酚

又称对氯酚，为含氯苯酚的衍生物，系白色或淡红色结晶，具酚臭，溶于水（1:60），易溶于醇、甘油、氯仿、乙醚。亦能溶在氢氧化碱液、油类、液体石蜡和熔化蜡中。在酸性条件比碱性条件作用强，遇光和长期放置色泽加深。

【药理作用】 抗菌作用强，对革兰阴性菌更有效。据报道，2%溶液在2小时内能杀灭结核杆菌；对伤寒杆菌、金黄色化脓性葡萄球菌，酚系数为3.6～3.9，抗菌作用约为苯酚的7～8倍，而腐蚀性比苯酚弱。为强效杀菌药，0.2%浓度为杀菌剂，0.1%浓度则为抑菌剂。

【临床应用】 国外应用十分广泛，一般可用0.25%生理盐水溶液作为瘘管冲洗。最常用的是与樟脑配伍后形成共熔混合物。可提高本品抗菌力而降低了毒性，口腔科常用的樟脑对氯酚用于感染根管消毒；5%～20%樟脑对氯酚甘油液，用于口腔粘膜感染处涂布；1%～2%樟脑对氯酚软膏，用于角膜炎抗感染治疗。

【不良反应】 参阅苯酚。

【注意事项】 参阅苯酚。

四、麝香草酚

为无色结晶或结晶性粉末，具有芳香、味辛灼，熔点为48～51.5℃，易挥散，难溶于水（1:1000）、甘油（1:200），易溶于乙醇（1:0.7）、乙醚（1:1.5）、橄榄油（1:1.7）、氯仿（1:0.6）、挥发油及脂肪油等，能与多种有机药物如薄荷脑、樟脑、水合氯醛、丁卡因等混合或研磨液化成共熔混合物。

【药理作用】 具有酚类药物作用特点，杀菌、防腐、对真菌和放线菌有较强的作用，对革兰阴性作用较弱，杀菌力比苯酚强，对皮肤粘膜刺激性比苯酚小，其毒性约为苯酚的1/10，具有较强感觉麻痹作用。麝香草酚可被肠道完全吸收，在体内约有50%以麝香草醌形式与葡萄糖醛酸和硫酸结合的代谢产物由尿排出。

【临床应用】 可作一般防腐药使用。其油溶液可用于治疗真菌和放线菌引起的皮肤病；内服可驱钩虫和治疗肺脏放线菌病。口腔临床可作根管消毒剂（参阅牙体牙髓病用药）。

【不良反应】 口服对胃肠有刺激，吸收后毒性与苯酚相似但比苯酚小，脂肪与乙醇能增加其吸收使中毒症状加重，通常有恶心、腹泻、眩晕、心力衰竭等中毒症状，小白鼠口服本品LD_{50}为1.8g/kg。

【注意事项】 与碘、碱、氧化剂等应禁忌配伍。

五、木馏油（酚）

由干馏山毛榉焦油或丁钠橡胶而得酚类混合物，内含60%～90%愈创木酚、木馏酚、甲酚。具特异臭及灼烧味，为无色或黄色油状液。比重为

1.08～1.10（g/ml），微溶于水（1∶150），能与乙醇、乙醚、氯仿、冰醋酸、脂肪油、挥发油任意混合，易溶于氢氧化碱溶液，难溶于氨溶液。

【药理作用】 具有酚类的抗菌作用，呈现消毒、防腐、轻度镇痛除臭功效；抗菌作用比苯酚强，酚系统约为2～3，毒性低，刺激性比苯酚小。口服对肠内有防腐作用，木馏油能从胃肠道吸收，在体内葡萄糖醛酸与硫酸结合成代谢产物经肾脏由尿中排泄，亦有部分由肺部排出。局部用药亦能从粘膜少量吸收。

【临床应用】 内服小剂量为祛痰剂。用于慢性支气管炎及支气管扩张，亦可蒸气吸入。口腔科治疗中可单独或配伍其他药物，作感染根管消毒剂。

【不良反应】 全身吸收后的不良反应与苯酚相似，毒性、刺激性均低。

【注意事项】 与强氧化剂、铁盐、银盐等禁忌配伍。

六、丁 香 酚

为丁香油（中国药典载名：丁香罗勒油）的主要成分，含量80%在以上，药用品均为人工合成。系无色或淡黄色的澄色液体，具强烈的芳香臭，味辛灼，比重1.064～1.068(g/ml)，折光率1.538～1.542，沸点254℃，微溶水于，可溶于70%乙醇(1∶2)、氯氧化钠溶液中，能与醇、氯仿、乙醚、冰醋酸混合。久贮或露置空气中色泽变深、质变稠，铁、锌等金属离子能催化其氧化，因此存放温度不宜超过25℃，避光保存。

【药理作用】 具有酚类药物的作用特点，具有抗菌与局部缓和的麻痹作用，呈现轻度镇痛，防腐之功效。

【临床应用】 丁香酚与丁香油具有相似性质，在口腔科治疗上通常可互为替代使用。以其消毒、止痛作用，可单独作根管消毒剂，与氧化锌配伍后形成丁香酚锌用于深龋治疗的底衬剂与安抚剂、作根管充填、盖髓、暂封材料等。

【不良反应】 本品（包括丁香油）均为一种刺激致敏物，局部应用偶见引起接触性皮炎。

【注意事项】 本品久贮和遇光易色泽加深而逐渐变稠，宜避光保存，亦应避免与铁、锌等金属离子接触。

七、间 苯 二 酚

又称雷琐辛或树脂酚，为白色或类白色的针状结晶或粉末，熔点109～112℃，微有特臭，味初甜后苦。露置日光，空气或久贮可渐被氧化呈淡红色或更深，碱性条件下加速其变化，极易溶于水、乙醇，易溶于乙醚、甘油与固定油中，微溶于氯仿。水溶液易氧化，可加抗坏血酸或焦亚硫酸钠作稳定剂。对石蕊试纸呈中性或微酸性反应。

【药理作用】 本品结构中含有2个羟基，增加了水溶性，使抗菌作用与刺激性、毒性随之减低，抗菌力约为苯酚的1/3，酚系数为0.4。外用具有防腐、止痒、破坏角质等作用。可通过皮肤或粘膜吸收人体内，与其他酚类药物具有相似体内过程。

【临床应用】 外用通常用其软膏或糊剂治疗各种皮肤病，如湿疹、牛皮癣、痤疮、脂溢性皮炎及真菌引起的皮肤病等；口腔科临床上利用间苯二酚与甲醛在碱性条件缩合形成酚醛树脂，作根管充填和抗牙本质敏感等。

【不良反应】 具有轻微刺激性，能被局部（皮肤、粘膜、溃疡面）吸收，长期使用可抗甲状腺功能，引起粘液性水肿，痉挛等，亦可出现与苯酚相似的全身性反应。

【注意事项】 与亚硝酸乙酯醑、铁盐、苛性碱禁忌配伍；与樟脑、薄荷脑、苯酚等研磨共熔液化。

第二节 醛 类

具有消毒防腐作用的醛类药物，有甲醛、多聚甲醛、戊二醛、乌洛托品等，其中以甲醛与戊二醛具有较强反应性。醛类能与菌体蛋白质中氨基迅速结合使之变性、凝固、沉淀，呈现对各种病原微生物的杀灭作用，同时对粘膜刺激性亦大，与前者相比，甲醛聚合物多聚甲醛的毒性和局部刺激性均较小；与氨结合物乌洛托品在酸性条件下水解才能释放出甲醛，局部也无刺激性。

一、甲 醛 溶 液

又称福尔马林(formalin)，通常是指含37%～40%（w/w）的甲醛水溶液，为无色的澄明液体，呈中性、具有刺激性特臭，强烈刺激鼻、眼、喉粘

膜、味灼烈，与水或醇能任意混合，比重为1.08（g/ml），低温久贮易聚合形成多聚甲醛出现浑浊或沉淀，酸化可催化聚合反应，加入少量乙醇或甲醇能防止聚合，光与空气能促进其氧化成甲酸。

【药理作用】甲醛具有很强的化学活泼性，与蛋白质结合，使其变性、凝固、沉淀，呈现原浆毒强杀菌作用，亦能溶解脂质。高浓度甲醛呈现凝固、脱水作用，低浓度甲醛能与巯基酶系统和蛋白质中氨基相结合，使之变性，呈现杀菌作用和除臭作用，对细菌、真菌、病毒、芽孢等均有效。随着浓度与溶媒的改变显示作用强度上的差异，如0.5%甲醛溶液6～12小时杀灭细菌；2～4天灭活芽孢，8%溶液1.8小时即能杀灭芽孢。甲醛异丙醇溶液与同浓度水溶液相比前者对繁殖体细胞灭活的效果更佳。甲醛对病毒作用虽受病毒表面构造的影响，但它能作用于病毒粒子的中心核蛋白，即0.05%～5%甲醛溶液在1小时～5天内能将大部分病毒灭活。甲醛易通过吸入进入体内，在组织内，特别在肝脏和红细胞内迅速氧化成甲酸和代谢去甲基．部分甲酸再分解成二氧化碳与水；另部分甲酸以甲酸盐的形式由尿中排出。

【临床应用】一般消毒为2%～5%浓度，进行室内空气消毒，1m^{2}用本品15ml，加等量水、加热蒸发挥散，密闭4小时；用4%甲醛溶液保存尸体与生物标本；3%～5%治疗多汗症，涂于手足掌侧，3～5天涂1次；口腔科小器械可通过密闭熏蒸消毒；口腔科临床治疗上常与其他药物配伍，如甲醛甲酚作根管消毒具有较好的杀菌、除臭功效。

【不良反应】甲醛蒸气对眼、鼻、呼吸道等有强刺激性。严重时，引起流泪、咳嗽、吞咽困难、喉痉挛、气喘等症状。亦会引起过敏反应。误服福尔马林可出现剧痛、粘膜坏死、呕吐、呕血、血性腹泻、血尿、眩晕、酸中毒、无尿、痉挛、大量吸收以后出现中枢抑制，循环衰竭而致死。浓溶液接触皮肤可使之变白而硬化。

【注意事项】与明胶、氧、酚类、氧化剂等禁忌配伍；空气中最大限度为2mg/L。应密闭避光，15℃以上贮存为佳。

二、多聚甲醛

是由甲醛分子聚合而成的直链状大分子，其聚合度n通常为6～100，系白色无定形粉末和或松脆团块。具有甲醛的臭味，难溶于冷水、醇、醚、溶于沸水和氢氧化碱液中并解聚。

【药理作用】在常温下能缓慢释放甲醛呈现抗菌作用,杀菌力强、穿透性好、作用持久,刺激性亦比甲醛小。此外口腔科用药中显示缓慢刺激成牙本质细胞分化,促进修复性牙本质的形成等独特作用。

【临床应用】在口腔科临床治疗中，应用甚广，其不同浓度可作为牙髓干尸剂、根管充填剂、牙髓失活剂、盖髓剂、抗牙本质敏感剂等的主要药物。

【不良反应】口内给药对大鼠的LD_{50}＞1.6g/kg，据报道有患者局部应用出现过敏反应。参阅“甲醛溶液”部分。

【注意事项】有过敏史患者，注意本品引起I型变态反应。

三、戊二醛

为无色油状液体、味苦，有轻微甲醛臭味，挥发性极低，18℃时比重为0.9945（g/ml），沸点187～189℃即分解。溶于水和乙醇，水溶液呈微酸性，酸性溶液稳定、碱性溶液不稳定，pH＞9可加速聚合而失效。

【药理作用】抗菌作用机制一般认为其两个游离醛基能与微生物的巯基与氨基相结合并能明显阻碍蛋白与DNA的合成，对细菌繁殖体、芽孢、真菌、病毒等均有较强抗菌作用，属于高效消毒剂，其抗菌力比甲醛强2～10倍。毒性、腐蚀性比甲醛小，血清存在（10%～20%血清）几乎不降低其效力。

【临床应用】为目前被公认较理想的外用消毒药，常用2%碱性戊二醛溶液亦为高效消毒剂，系用缓冲剂或碱调节pH至7.5～8.5，用于内窥镜、金属器械、体温表、橡皮或塑料制品及其他不宜加热消毒的金属器械等浸泡消毒（加亚硝酸钠防腐），有效期为2～4周。亦可用1%溶液治疗体癣；10%溶液治疗多汗症，1日2次；10%～25%溶液治疗甲癣；5%～10%溶液治疗寻常疣，1日2次；0.65%戊二醛溶液（磷酸盐缓冲液pH＝7.4），可作人造心脏瓣膜消毒；2%戊二醛溶液亦可用于牙根管消毒，与氢氧化钙配伍可作牙髓切断后的覆盖剂；此外戊二醛蒸气可用于密闭空间内表面熏蒸消

毒（$1m^3$ 容积用10%戊二醛溶液1.06ml），在湿度>75%条件下，密闭过夜，即可达到灭菌防护箱的消毒。本品与异丙醇配伍可显示协同抗菌作用。

【不良反应】 可引起接触性皮炎。其蒸气对鼻、眼和呼吸道有刺激，出现咳嗽、吞咽困难、喉头痉挛、气管炎和肺炎，反复吸入可发生哮喘。误服后造成消化道粘膜强刺激、坏死、溃疡、引起剧痛、呕吐，严重可出现咯血、便血、血尿、尿闭、酸中毒、眩晕、抽搐和循环衰竭等。

【注意事项】 在空气中最大限量为0.2mg/L，本品碱性溶液对光学仪器无损害，浸泡金属器械要加防锈剂；对铝制品有腐蚀，应注意避光封闭，在不超过40℃条件下贮存。

表15-9-1 戊二醛与甲醛主要性能的比较

项目	戊二醛	甲醛
杀菌能力	强于甲醛2～10倍	
溶媒	水与醇均可	水与醇均可
酸碱度影响	碱性（pH=7.5～8.5）作用最好	不大
有机物影响	不大	不大
温度系数	较低	强
刺激性	弱	强
腐蚀性	弱	可使金属生锈
稳定性	pH>9可迅速聚合	易聚合（加10%甲醇可防止）

第三节 酸 类

酸类药物包括无机酸与有机酸，均具有不同程度防腐、消毒、杀菌等作用，高浓度亦有腐蚀性。其抗菌作用取决于离解度即氢离子浓度。主要活性部分为阴离子与非离解分子。无机酸如盐酸、硫酸、磷酸具有原浆毒，低浓度能使蛋白质凝固，对组织有强腐蚀性，具有消毒防腐作用的有机酸如乳酸、醋酸、丙酸、辛酸、十一烯酸、苯甲酸、水杨酸等；无机酸如硼酸、铬酸（三氧化铬）、枸橼酸等，均有不同程度防腐、抗菌之功效，尤其是后两种药物高浓度亦有轻度腐蚀。

一、硼 酸

为无色带闪光的鳞片或疏松白色结晶或粉末、有滑腻感，溶于水（1∶20）、乙醇（1∶16）、甘油（1∶4）、水溶液呈弱酸性，空气中稳定，100℃时能缓慢团支转变偏硼酸。140℃时形成的硼酸，高温可转为三氧化二硼。

【药理作用】 为弱防腐药，对细菌和真菌有弱的抑制作用。对组织刺激性小，不易透过完整皮肤。能通过破损皮肤、伤口、粘膜所吸收，约有50%吸收量在12小时内从尿中排出，其余于3～7天内排泄。

【临床应用】 水溶液可用作皮肤和粘膜的清洁剂。1%～2%溶液可清洗眼、口腔、阴道、膀胱、子宫等或用于皮肤疾患的湿敷，硼酸酒精、硼酸软膏、硼酸氧化锌软膏等可用于创伤或皮肤病；2%溶液亦可作拔牙，口腔炎的含漱。

【不良反应】 外用一般毒性小，若用于大面积损伤处，吸收后可发生急性中毒，早期症状包括呕吐、腹泻、皮疹、中枢神经系统先兴奋后抑制，脑膜刺激和肾损害，严重时出现循环衰竭，休克于3～5天死亡，致死量成人约为15～20g，小儿为3～6g。由于吸收后排泄缓慢，反复吸收亦可引起蓄积导致慢性中毒，出现厌食、乏力、精神错乱、皮炎、秃发和月经紊乱等。

【注意事项】 禁用于大面积损伤，切勿将硼酸粉撒布在小儿破损皮肤上。与聚乙烯醇和鞣酸禁忌配伍。

二、枸 橼 酸

又称柠檬酸，通常含一个结晶水系为无色半透明的结晶或白色的颗粒，或为白色结晶性粉末。无臭、味酸、在干燥空气中微风化，在潮湿空气中微潮解。易溶于水（1∶0.5）、醇（1∶2）、醚（1∶30）。与铜、铁等离子结合成水溶液络离子。水溶液不稳定，易被真菌分解。

【药理作用】 一般具有酸调味和缓泻作用，亦具有一定抗菌作用。口腔科临床用饱和溶液，利用其酸性脱钙和轻度腐蚀处理牙根面，显示如下的作用：①使牙本质小管脱钙后扩大，成纤维进入小管内，再钙化形成牙骨质钉，使牙骨质与牙本质进行机械性、分子性、细胞性结合。②牙本质表面暴露的胶原纤维与龈瓣内新生的胶原纤维发生连结。③酸性通过水解作用，能降解根面内毒素，有利于成纤维细胞附于根面，促进牙龈附着。④脱钙后的牙本质能诱导间叶细胞分化，形成成骨细胞和成牙

本质细胞，从而加速牙骨质和牙槽骨的沉积，有利于包埋形成的牙周纤维。

口服易从胃肠道吸收，在体内转化成二氧化碳和水。

【临床应用】 口腔临床通常用其近50%的饱和溶液（pH=1），可作根面处理（酸蚀）作用时间为3分钟，能使暴露出牙根面胶原纤维与龈瓣新生胶原纤维连结，促进牙周组织附着，恢复牙根面生物活性。

【不良反应】 低毒性药物，小鼠 LD_{50} 为1.05g/kg。若反复大量饮用可引起牙齿损害，局部引起酸性刺激。

【注意事项】 注意本品浓溶液亦有刺激性。

第四节 碱性药物

一、硼砂

硼砂（borax）又名四硼酸二钠，为无色半透明结晶或白色结晶性粉末，通常指含10个结晶水的水合物，无臭、具碱味，在干燥空气中易风化。溶于水（1:20），易溶于沸水（1:1），甘油（1:1），不溶于乙醇。水溶液水解后呈碱性反应。

【药理作用】 作用和体内作用同硼酸，具有抑菌作用，为弱防腐药。

【临床应用】 粘膜消毒药，用于口疮、口粘膜炎、扁桃体炎、咽喉炎、结膜炎等。常用复方硼砂溶液含漱、治疗口腔炎、牙龈炎等。1%～2%水溶液可用于冲洗膀胱与阴道等。

【不良反应】 毒性低（参阅硼酸）。

【注意事项】 用于大面积创伤、烧伤或表皮剥落处易吸收蓄积中毒，尤对婴儿应慎用。与生物碱盐、氯化汞、硫酸锌和其他金属禁忌配伍。

二、碳酸氢钠

碳酸氢钠（sodium bicarbonate）俗称苏打粉，为白色粉末、无臭、味咸。在潮湿空气中渐渐分解，放出二氧化碳，生成碳酸钠。能溶于水（1:11），不溶于乙醇、乙醚等，水溶液呈弱碱性。

【药理作用】 具有弱碱性，能中和酸。本身吸收能维持血液的酸碱平衡。水溶液含漱，其碱性能消除和分解残留凝乳或糖类，使口腔呈弱碱性环境，能减少局部酸性刺激和抑制某些细菌生长。

【临床应用】 2%～4%水溶液含漱，可用于口腔白色念珠菌感染；亦可与过氧化氢溶液交替使用，以减少后者的酸性引起牙齿脱钙和舌乳头肥大等不良反应。

【不良反应】 无毒性腐蚀性，局部使用不良反应少见。全身吸收过量会出现钠的过量和影响酸碱平衡失调。

【注意事项】 与酸或酸性盐类药物等禁忌配伍。

三、氢氧化钙

又称消石灰，为白色粉末。无臭、味咸、微溶于水（1:600）不溶于乙醇，水溶液对酚酞呈碱性（pH=9～12），其饱和溶液的pH约为12.4。

【药理作用】 因其强碱性可中和酸性炎症产物呈现间接防腐作用。置于牙髓上，其钙离子能与组织中碳酸根离子结合形成碳酸钙防壁，对牙髓呈保护作用；加之其碱性对牙髓有一定刺激，能促进牙髓细胞碱性磷酸酶基因的表达和激活碱性磷酸酶的活性，而诱导牙髓细胞和牙本质细胞分化，亦能催化有机磷酸化合物的水解，释放出无机磷酸盐，促进修复性牙本质的形成，具有生物学盖髓作用。

【临床应用】 可用于作盖髓、切髓后活髓保存、根管充填等，常用有氢氧化钙糊剂Ⅰ号、calvital、dycal等。

【注意事项】 遇空气中的二氧化碳可生成碳酸钙，宜避光密闭保存。

第五节 卤素类化合物

一、次氯酸钠

次氯酸钠（sodium hypochlorite）性质极不稳定，一般用其水溶液，在碱性条件下较酸性条件稳定。遇光、热均易分解失效。浓溶液能腐蚀溶解有机物。

【药理作用】 次氯酸钠与水反应生成次氯酸并能释放新生态氧呈现卤代和氧化作用。由于次氯酸分子小，不带电荷。易进入细胞内与蛋白质发生氧化作用或破坏细菌的磷酸脱氢酶，引起糖代谢失调，同时氯本身亦能与蛋白质结合，使其脱水变

性，呈现对细菌、病毒、芽孢等强杀灭，并有止臭、漂白等作用；对肝炎病毒甚至HB抗原灭活更佳，浓溶液对有机物有腐蚀呈溶解状态。

【临床应用】 水溶液通常作为各种外用消毒剂，如市售84肝炎消毒液、清洗消毒液、金星消毒液等均由次氯酸钠加不同类型表面活性剂、稳定剂所组成，约含有效氯量不低于5%，具有广谱、高效、快速、去污强等特点，以不同稀释浓度用于各种用具、餐具、内衣裤、排泄物及不锈钢医用器械消毒，临用时按所需浓度的比例稀释。口腔科治疗中以5.25%溶液与3%过氧化氢溶液交替使用，作根管消毒并有辅助根管扩大作用。

【不良反应】 浓溶液对局部组织有腐蚀性。本品与胃酸接触，立即释放出次氯酸，对胃粘膜刺激腐蚀引起恶心、呕吐、疼痛、严重者血压降低，谵语和昏迷。吸入次氯酸气状烟雾可引起咳嗽和窒息，刺激呼吸道粘膜，重者可引起肺水肿等。一旦误服，可立即给予水、牛奶等缓和刺激，再以制酸药或1%硫代硫酸钠溶液处理。

【注意事项】 使用中注意避免接触眼睛。硫代硫酸钠、亚铁盐类、氯及其化合物，能降低本品的杀菌作用，碘或溴可明显增强其杀菌力。宜避光、密闭凉处保存，注意使用有效期限。

二、氯胺-T

又称氯亚明，为含氯有机化合物，含有效氯为25%，系白色或微黄色结晶性粉末，微带氯臭，易溶于水（1:7）、甘油（1:7）、溶于乙醇（1:12），不溶于氯仿、乙醚、液状石蜡。5%水溶液的pH约为8～10，并缓慢分解。

【药理作用】 水溶液缓慢释放出次氯酸而呈现抗菌作用，为广谱消毒药，对细菌、病毒、芽孢等均有效，与无机含氯化合物相比，其杀菌力较弱，作用缓和，时间长、刺激小。

【临床应用】 可用于粘膜、创口、溃疡面、牙根管冲洗消毒等，常用1%～2%溶液冲洗创口；0.1%～0.2%溶液粘膜消毒；0.05%～0.1%餐具消毒；5%溶液污物消毒，2%溶液窝洞根管消毒、清洗消毒等。

【不良反应】 局部应用不良反应少见，全身吸收引起急性中毒，出现呕吐、发绀、循环障碍、呼吸衰竭等症状，严重者几分钟内死亡。急救方法：除对症治疗外，可用亚硝酸钠和硫代硫酸钠直接解毒。

【注意事项】 水溶液宜新鲜配制。溶液保持在pH＝9时为最佳。与乙醇、过氧化氢溶液等禁忌配伍，密闭，宜8～15℃保存。

三、碘

碘（iodine）为灰黑色有金属光泽的结晶，呈片状或颗粒状，能生成紫色的蒸气挥散，难溶于水（1:3500）、易溶于乙醇（1:8）、氯仿（1:30）、二氧化碳（1:6）、乙醚（1:5）、甘油（1:125），在水中与碘化物生成三碘化物而溶解。

【药理作用】 具有强消毒防腐作用，因其能氧化细菌胞浆的活性基团，抑制微生物代谢酶系统，并能直接碘化与蛋白质氨基结合使其变性，对细菌、病毒、芽孢、真菌、阿米巴原虫均有杀灭作用。其杀菌力与腐蚀性、刺激性均与浓度成正比。能通过皮肤少量吸收，口服后能迅速转化成碘化物，以甲状腺球蛋白等形式贮存在甲状腺内，经弥散可进入胎盘，多数由尿排泄，少量从粪便、唾液、汗液和乳汁中排泄。

【临床应用】 含碘制剂在临床上广泛用于皮肤、粘膜、器械的消毒和局部感染的治疗。1%～2%碘酊用于皮肤、口腔粘膜消毒；碘甘油用于牙龈炎、牙周炎、冠周炎、咽喉炎的局部涂布抗感染；碘酚、碘锌甘油（浓台氏液）和高浓度的碘酊、具有消炎止痛和腐蚀上皮和肉芽组织的作用，用于牙龈炎、牙乳头炎、牙周炎、冠周炎、牙龈窦道、牙周袋的局部用药；含碘喉片亦可用于咽喉炎、滤泡性扁桃体炎等。

【不良反应】 长期内服含碘的制剂，可出现精神抑郁、神经过敏、失眠、阳痿和粘液性水肿。碘中毒可出现头痛、结膜炎、喉头炎、气管炎、发热、无力等症状；碘过敏者呈轻度红斑、痤疮样疹、荨麻疹、化脓性或出血性疹等；服用过量碘可引起急性中毒症状，出现对消化道刺激腐蚀而引起的呕吐、腹泻、腹痛，1～3天后出现血尿，可由循环衰竭、喉头水肿而窒息，吸入性肺炎或肺水肿而致死，致死量约为2～3g。

【注意事项】 ①碘酊不宜与红汞同时使用，以免产生有毒碘化汞。②对碘过敏者禁用。③与碳酸盐、生物碱、硫代硫酸钠、松节油、鞣酸、淀粉、

水合氯醛、铅盐、汞盐等禁忌配伍。应避光、密闭、凉处保存。

四、碘 仿

碘仿（iodoform）又称三碘甲烷，系淡黄色带光泽的结晶和结晶性粉末，具特臭、滑腻感，不溶于水、溶于乙醇（1:60）、氯仿（1:13）、乙醚（1:8）、甘油（1:100）。在光、热条件下，逐渐游离出碘、色泽加深。

【药理作用】 本品未释放碘时无作用，但与组织液、血液、分泌物、脓液内含有的有机物、细菌氧化酶等接触后，能缓慢地分解出游离碘，呈现杀菌作用，干燥粉末对组织刺激小，并能吸收渗出液，保持创面干燥，促进肉芽组织新生和伤口愈合等作用。

【临床应用】 为口腔科临床局部常用治疗药物，对感染创面有良好的抗菌与除臭作用，作用持久，无刺激性。碘仿软膏、碘仿甘油、碘仿糊可直接用于化脓性炎症；碘仿糊亦可用于根管治疗及砷性牙周坏死或砷性根尖周炎；碘仿纱条用于干槽症牙槽窝，手术后上颌窦感染，脓腔排脓后的死腔填塞；碘仿海绵、碘仿氢氧化钙糊亦可用于切髓术。

【不良反应】 长期大面积创面上应用，碘吸收可引起全身中毒症状，局部创面敷用，不超过2g。偶见过敏者，出现红斑皮疹，严重者可引起头痛、神态昏迷、嗜睡、脉速微弱等。碘蒸气在空气中最大限量为0.6mg/L。

【注意事项】 本品贮久或遇光可逐渐放碘，并色泽加深，与碱类、氧化剂、铅、银、汞、铁等盐类禁忌配伍。宜避光密闭保存。

五、碘 伏

为碘与表面活性剂结合而成不完整络合物，随表面活性剂种类，其性状各异，目前常用的液态碘伏，含有效碘0.5%～1.0%（w/v）。性质稳定，温度超过43℃易分解失效；对粘膜刺激，腐蚀性小。

【药理作用】 本品解聚出游离活性碘而呈现广谱杀菌作用，对细菌、病毒、芽孢、真菌、原虫等均有效，升高温度可增加杀菌力。

【临床应用】 为常用的外用消毒剂。通常以0.5%溶液用于手术及注射部位皮肤消毒；0.05%用于口腔粘膜消毒涂擦或冲洗；术前手消毒浸泡2分钟；0.025%～0.05%用于烧伤、创伤面消毒；亦可用于医疗器械消毒浸泡30～60分钟。

【不良反应】本品刺激性、毒性均小，亦不易发生碘的过敏反应，临床不良反应报道尚少，有待实践，进一步观察。

【注意事项】 本品对铝等金属器皿有轻微腐蚀性，不宜高温条件下存放，应避光、密闭凉处保存。

六、聚乙烯吡咯酮碘

聚乙烯吡咯酮碘（povidone-iodinc，pvp-iodine）又称聚维酮碘，系由碘与高分子化合物聚乙烯吡咯酮形成的复合物。为黄棕色无定形粉末，略带异臭、溶于水、乙醇、不溶于丙酮、氯仿、乙醚中，含有效碘9%～12%，10%水溶液pH为1.5～2.5。遇光、热易释放出碘。

【药理作用】 为高效抗菌药物，具有较广抗菌谱，接触创面或患处后解聚出无机碘，杀灭各种病原微生物，对细菌、病毒、真菌、芽孢、酵母菌等均有效，本品具有较强渗透性、能通过创面深入到感染的深层呈现杀菌、消炎、镇痛、止痒、促进肉芽组织生长，加速创口愈口等功效。

【临床应用】 市售5%药液可按不同浓度稀释，用于皮肤、粘膜消毒、疥、痞、脓疮、癣等皮肤炎症及性病的预防治疗，阴道炎、宫颈糜烂、外阴瘙痒等妇科炎症，擦伤、烧伤、烫伤、刀伤等外伤消毒。1%原液可直接涂于患处，口腔临床通常用1%原液稀释1～2倍，含漱1min，治疗创伤性口腔溃疡、冠周炎、牙周炎、口腔真菌感染等。1%原液稀释20倍浸泡义齿可作消毒。

【不良反应】 刺激性和毒性小，局部可致刺激或过敏，对严重烧伤或大面积裸露部位使用，全身吸收后引起高钠血、代谢性酸中毒、肾损害等。

【注意事项】 ①对大面积破损创面、肾功能不全、甲状腺功能异常、碘过敏患者慎用。②药液稀释用水不超过40℃。③避免与碱性物质接触，以免失效。④与过氧化氢溶液禁忌配伍，宜避光、密闭保存。

第六节 氧 化 剂

氧化剂本身具有还原作用，与有机物相遇放出

新生态氧，通过氧化菌体的活性基因，而呈现杀菌作用。临床常用药物主要有过氧化氢溶液、高锰酸钾等。

一、过氧化氢溶液

过氧化氢溶液（hydrogen poroxide solution）又称双氧水，通常指含3%过氧化氢的水溶液，系无色澄明液体，无臭或有类似臭氧的臭气，味微酸，pH为3～5呈酸性反应，性质不稳定，易分解成氧与水、遇光、热、振荡、有机物、金属离子、氧化物、还原物、碱等加速其失效。

【药理作用】 为氧化剂、具有消毒、防腐、除臭等作用，当遇有机物（组织液、血液、脓液、细菌等）或在过氧化氢酶的作用下迅速分解，释放出新生态氧，使细菌体内活性基团氧化，干扰其酶系统而呈现抗菌作用，其中对革兰阳性菌和某些螺旋体等有效，对厌氧菌更佳。此外还具有由氧化发泡形成的缓和机械力，清除脓块、血块、坏死组织和压迫毛细血管轻微止血等功效，但由于分解反应快，新生态氧易转变成杀菌力弱的分于氧，使其作用减弱且短暂。药用规格有3%、30%两种，前者为常用消毒防腐药，后者有强腐蚀性，具氧化脱色作用。

【临床应用】 临床常用1%～3%溶液，用于溃疡面、脓窦、内耳化脓、化脓性中耳炎清洗创面；口腔临床用于厌氧菌感染，如奋森龈口炎、口底蜂窝组织炎、颌面部创伤、感染根管、牙龈脓肿、牙周袋内感染等治疗，清洗或含漱；5.25%溶液用于口底部湿敷；1%溶液用于扁桃体炎、白喉等含漱；3%溶液与次氯酸钠溶液交替使用为较理想根管冲洗剂；30%溶液涂擦漂白牙面。

【不良反应】 高浓度对皮肤及粘膜有刺激性灼伤，形成“白痂”。3%溶液为酸性、对粘膜亦有一定刺激，长期含漱会引起牙面脱钙或出现舌乳头肥大等不良反应。

【注意事项】 ①长期使用本品含漱，应与碳酸氢钠溶液交替含漱可中和其酸性。②根管冲洗时不可用力过猛，在根管狭窄处更应注意，否则因产生过多的气泡并溢出根尖孔外，而对根尖组织刺激引起化学性根尖周炎，出现剧痛。③与有机物、碱、生物碱、碘化物、高锰酸钾和其他较强的氧化剂禁忌配伍。④避光、密闭、阴凉处保存。

二、高锰酸钾

高锰酸钾（dotassium permanganate）又称“灰锰氧”，即PP粉，为强氧化剂，为暗紫色的核状结晶，带淡蓝金属光泽，无臭、溶于水（1:16），易溶于沸水（1:3.5），溶液呈紫红色，久贮出现棕黄色而失效。与有机物接触，加热，酸或碱性条件下均能加速其氧化反应。

【药理作用】 具有氧化剂的抗菌作用机制，而在不同pH条件下氧化反应有所区别，在酸性溶液中本身被还原为无色的二价锰化合物；在中性或碱性溶液中被还原成褐色的二氧化锰沉淀。低浓度具有抗菌、收敛、止血、除臭等功效，高浓度则有刺激性腐蚀性。其抗菌作用比过氧化氢溶液强。

【临床应用】 常用0.1 %溶液清洗创伤；0.02%～0.5%溶液用于含漱，0.01%～0.02%溶液用于食物或药物中毒性洗胃；0.0125%溶液用于阴道冲洗或痔疮坐浴；0.1%溶液作食品消毒；1%溶液用于腋臭或足部真菌感染；10%溶液处理蛇伤口。0.2%～1%溶液在口腔临床可用于白色念珠菌感染、坏死性龈口炎、牙周病等，含漱或冲洗。

【不良反应】 误服后出现中毒症状如恶心、呕吐、粘膜水肿、甚至引起肝、肾、心血管系统损害，出现循环衰竭等，最小致死量为5～10g。高浓度溶液、结晶或稀溶液反复使用亦会引起局部组织着色及腐蚀性灼烧等。

【注意事项】 ①与碘化物、还原剂及大多数有机物禁忌配伍。注意若与甘油、蔗糖等还原性物质研合，会引起爆炸。②水溶液宜新鲜配制、避光、凉处保存。

第七节 表面活性剂

表菌活性剂又称界面活性剂，通常是指能降低两相之间界面张力的物质，根据其结构中长链烷基在水中电离所产生的离于类型，分为阳离子型（亲油基带正电荷），阴离子型（亲油基带负电荷），非离子型，两性离子型，它们均有不同程度的乳化、分散、增溶、去泡、去污等作用。能浓集在溶液表面降低表面张力，改变两液（即水相与油相）之间的表面张力，使脂肪乳化后油污易被去除，具有清洁作用，同时也能吸附于细菌表面，改变其细胞壁

的通透性，呈现抗菌作用。能作为消毒防腐药应用的有阳离子型（即季胺盐类）和两性离子型的表面活性剂，具有阳离子型表面活性药物有苯扎氯胺（新洁尔灭）、度米芬、地喹氯胺、消毒净、创必龙、苄乙氧铵、氯化甲苄乙氧铵、氯己定等，两性离子型的代表药物，国外常用药为Tego51等。

一、苯扎溴铵

苯扎溴铵（benzalkonium bromide）又称新洁尔灭，属季铵盐类阳离子表面活性剂，溴化二甲苄烃铵的混合物。为淡黄色胶状物，有芳香臭、味极苦、低温下呈蜡状面体。易溶子水（1:15）、醇、不溶于乙醚等。水溶液呈碱性反应，振荡时产生泡沫，性质稳定。

【药理作用】 具有乳化脂肪、清洁、抗菌和消毒作用。能改变细菌胞浆膜通透性，使菌体物质外渗，阻碍其代谢呈抗菌作用。对革兰阳性菌作用较强，对绿脓杆菌、抗酸杆菌、芽孢和病毒无效。

【临床应用】 药用苯扎溴铵，通常为5%无色或微黄色水溶液，性质稳定。适用子皮肤、粘膜、创面及器械消毒等。0.01%溶液用于创面消毒；0.1%溶液用于皮肤、粘膜消毒；0.1%～0.2%用于灭菌后器械保存消毒（金属器械应加亚硝酸钠与碳酸氢钠），0.0025%溶液用于膀胱和尿道灌洗或作膀胱保留液。

【不良反应】 毒性低、无刺激性，偶见变态反应性粘膜炎、接触性皮炎等。亦有报道以3%溶液灌肠数分钟后引起恶心、冷汗、导致死亡、用作阴道冲洗引起死亡的病例报告。

【注意事项】 ①与阴离子表面活性剂（如肥皂、合成洗涤剂等）和有机物（如血清、脓液等）同时存在时，会使前者药效降低或失去抗菌作用。②与某些盐类（枸橼酸盐、硝酸盐、高锰酸盐、水杨酸盐、酒石酸盐、银盐、硫酸锌等）及钙、镁、铁、锌等金属离子化合物禁忌配伍。③不宜用于膀胱镜、眼科器械和合成橡胶制品的消毒。

二、地喹氯铵

地喹氯铵（dequalinium chloride）又称克菌定、特快灵，为白色或微黄色粉末。无臭、味苦、微溶水、能溶于沸水（1:30）、略溶于乙醇，几乎不溶于氯仿。遇光易变质。

【药理作用】 具有阳离子表面活性剂的抗菌机制，对革兰阳性菌、革兰阴性菌、白色念球菌、奋森密螺旋体、毛发癣菌均有杀灭作用。

【临床应用】 为口腔消毒防腐药。常用其含片，可作为牙龈炎、口炎及咽喉感染的治疗，1日数次，1次1～2片。0.5%醋酸克菌定溶液可用于根管化学预备。

【不良反应】 对组织无刺激性。小鼠LD_{50}为70mg/kg。据报道局部应用可引起静脉曲张、湿疹、生殖器溃疡、局部组织坏死等。

【注意事项】 与肥皂和其他阴离子表面活性剂、苯酚、氯酚等禁忌配伍，应密闭避光保存。

三、度米芬

度米芬（domiphen bromide）又称杜灭芬、消毒灵、消毒宁、系阳离子表面活性剂，为白色或微黄色片状结晶，味苦，有引湿性，易溶于水（1:2）、乙醇（1:2），略溶子丙酮（1:30），几乎不溶于氯仿。

【药理作用】 具有季铵盐类阳离子表面活性剂的作用机制，其消毒作用较新洁尔灭强，对革兰阳性菌、革兰阴性均有杀灭作用，作用更佳；对白色念珠菌、真菌也有较好作用；在中性和弱碱性条件下效果更佳，酸性条件下作用降低。

【临床应用】 0.02%溶液可用于创伤感染湿敷；0.05%溶液用于器械贮存消毒（另加0.5%亚硝酸钠）和皮肤真菌感染治疗；其含片可用于口腔炎、咽喉炎、扁桃体炎等。

【注意事项】 与碘酊、肥皂或其他阴离子表面活性剂（合成洗涤剂）、氢氧化碱、普鲁黄、依色林、荧光素钠等禁忌配伍。不宜用于膀胱镜、眼科器械以及合成橡胶制品的消毒。应避光密闭、凉处保存。

四、氯己啶

氯己啶（hlorhoxidine）化学名为双氯苯双胍己烷，又称洗必泰，是一种新型，强效表面活性剂型杀菌剂。通常用其盐类，其中醋酸氯己定为白色和几乎白色的结晶性粉末，无臭，苦味，略溶于水（1:55），溶子乙醇（1:15），微溶于甘油和1，2丙二醇中，葡萄糖酸氯己定药用原料规格为20%溶液，为无色、淡黄色澄明液或带轻微乳光的液体，

能与5倍量水或5倍量乙醇相混合，盐酸氯己定为类白色结晶性粉末，难溶于水（1:1700）、乙醇(1:480)、略溶于1，2丙二醇（1:50），微溶于甲醇，几乎不溶于冰醋酸中，本品不耐热，1%以上的浓溶液不宜高压灭菌，0.1%以下的稀溶液灭菌温度不超过115℃30分钟。

【药理作用】 具有较强的广谱抗菌作用，能迅速吸附于细胞表面，破坏细胞膜，使胞浆成分渗出，并能抑制细菌脱氢酶的活性，高浓度可凝聚胞浆成分。对繁殖期的革兰阳性菌与革兰阴性菌均有效，对前者作用更强，对假单胞菌属和变形杆菌属中某些菌科较不敏感，对耐酸杆菌、真菌、芽孢、病毒无效。此外氯己定与牙齿表面的无机、有机物即羟磷灰石、葡萄糖、酸性糖蛋白等成分有高度亲和力，使之较长时间停留在牙面上，并通过抑制葡聚糖合成，呈现阻止牙菌斑形成的作用。本品局部渗透小，胃肠吸收少，吸收后的药物能通过尿、粪便排出体外，无蓄积作用。

【临床应用】 为应用较广的外用消毒药。0.5%～1%乙醇（70%）溶液，用于手术前皮肤消毒，0.02%溶液用于手消毒，浸泡3分钟；也可用于膀胱灌洗和器械贮存（加入0.1%亚硝酸钠防锈，每2周更换药液）。0.1%乳膏用于产妇分娩时消毒及阴道镜栓润滑剂；0.01%为滴眼剂中抑菌剂；0.1%溶液用于医疗器械消毒。口腔临床应用十分广泛，0.02%～0.05%溶液用于口腔一般含漱；0.12%～0.2%溶液含漱，可明显抑制牙齿表面及牙颈部的菌斑，2%溶液或1%凝胶涂擦牙齿，均有较好的抗菌作用。此外洗必泰糊剂，局部涂擦能防治牙石，洁牙脱敏；洗必泰碘可置入微空聚丙烯酸中空纤维中，缓释，用于牙周袋的抗菌消炎治疗。

【不良反应】 局部应用刺激小，无耐药性，因吸收较差，其毒性也较低，小鼠LD_{50}为1.89g/kg。本品偶见接触性皮炎，高浓度溶液对眼结膜刺激性强，长期含漱可出现齿、舌变黑、味觉失调，少数人出现口腔粘膜剥脱，一般停药后自愈。高浓度的药液作膀胱冲洗，可引起血尿，吸收后出现耳毒性，偶尔也有过敏性皮炎和休克发生。

【注意事项】 肥皂等阴离子表面活性剂、碱、金属物质和某些阴离子药物能降低其活性，其中醋酸洗必泰与碘化钾禁忌配伍。0.05%醋酸洗必泰与硼砂、碳酸氢盐、碳酸盐、氯化物、枸橼酸盐、磷酸盐、硫酸盐等相配，形成低溶解度盐类，通常混合静止24小时后即产生沉淀。

（梁俐芬）

第十章　牙体牙髓病用药

牙体牙髓病包括龋病、牙体硬组织非龋性疾病、牙髓病和根尖周病。牙髓组织和根尖周组织虽然属于软组织，但对其用药大多需要通过高度钙化的牙体硬组织的渗透，因此，对所用药物的要求，除了应具有较强的消毒力和对组织刺激性小外，还要求有较强的穿透性，并常用多种药物配伍使用，以减少药物的腐蚀性和刺激性，提高药物的疗效。

牙体牙髓病用药一般分为防龋药、抗牙本质敏感药、活髓保存药、牙髓失活剂、干髓剂和根管治疗药物。

第一节　防　龋　药

龋病是由于牙面菌斑内的致龋微生物和碳水化合物作用产生的酸引起牙齿硬组织脱矿和无机质崩解的一种慢性进行性破坏的疾病。根据龋病发生的三联因素理论，龋病的预防主要是增强宿主（牙齿）的抗龋能力；控制菌斑及抑制细菌生长和限制进食碳水化合物或寻找糖的代用品三方面。就防龋药物而论，主要作用是增强牙齿的抗龋能力（例如氟化物等）以及控制菌斑抑制细菌生长（例如氯己定等）。氯己定等药物将在第十一章牙周病用药中详细介绍，本节重点介绍提高牙齿抗龋能力方面的药物。

一、氟　化　物

氟化物防龋已有近100年的历史。早在20世纪初已有含氟牙膏问世，到了30年代氟化物已被证明具有预防龋病的作用。

氟化物被摄入后很快从肠道吸收，剩余的氟化物大多随尿液排出体外，少量氟可由汗腺、唾液腺和泪腺排出。氟化物与钙盐有很强的亲和力，特别在骨骼和牙齿中，很易与磷酸钙结合，置换羟基磷灰石中的羟基（-OH）形成氟磷灰石。

（一）氟化物防龋作用的机制

氟化物的防龋作用主要是增强牙齿的抗龋能力，其机制如下：

1. 氟化物降低釉质表层的溶解度　在牙齿钙化期间，氟化物进入牙齿后，与牙齿内的羟基磷灰石起作用，取代羟基形成氟磷灰石而增强了釉质的抗酸能力。氟磷灰石和羟基磷灰石的初期溶解率可能是相同的，但是，氟磷灰石中氟化钙能再度沉积在釉质晶体表面，从而降低了氢离子移入晶体的速度，减慢了晶体进一步的溶解。氟磷灰石晶体较大，表面积减少，晶格较稳定，这种釉质中的碳酸盐含量较少，溶解性降低。

2. 氟对细菌代谢的影响　氟化物可改变口腔的生态环境，不利于细菌的生长，也可抑制和影响细菌的糖酵解过程，影响细胞内和细胞外多糖的合成。

致龋细菌使碳水化合物酵解产酸，致使釉质脱矿而氟化物则可通过几种途径抑制糖的酶解过程。糖酶解过程中的烯醇酶可使中间产物2-磷酸甘油转化成磷酸丙酮酸进而生成丙酮酸，后者还原成乳酸。烯醇酶对氟十分敏感，少量氟即可使其活性受到抑制，一旦烯醇酶受到抑制，磷酸丙酮酸的转化也就会受到抑制，产酸过程也就终止。

氟化物能抑制细菌对葡萄糖的摄入从而影响胞内、外多糖的合成。胞内多糖为细菌代谢提供能量，胞外多糖作为菌斑的基质，其合成受到抑制也就抑制了菌斑的形成。

3. 氟化物抑制糖蛋白在釉质表面的粘附　氟优先与釉质表面的钙结合，而阻断了蛋白质与钙的结合从而影响菌斑的形成。

4. 氟化物促进釉质再矿化　氟化物不仅能降低釉质在酸中的溶解度，而且能促进釉质的再矿化。很多学者研究均证明了氟能促进釉质初期龋的再矿化。Silverstone发现在钙化液中加入1ppm氟就能明显增加白垩状釉质矿化的程度和速度。

（二）氟化物的临床应用

机体对氟化物的摄取途径有两种，即全身摄取和局部摄取，也就是全身用氟和局部用氟，直接作用于牙齿。前者包括饮水加氟、食物加氟或氟化物片剂口服；后者包括氟化物牙膏的使用，氟化物溶

液漱口或局部牙面涂氟等。

1. 全身用氟 自来水加氟，即氟化水源是最广泛的全身用氟法，也是最经济和安全有效的防龋方法。用这种方法，可使儿童在整个发育期间都能持续地等量获得氟。饮水中的氟含量要限制在不影响牙齿健康，不出现牙齿氟中毒早期表现的范围内。饮水中的氟浓度可根据各地区气候、季节而定。北温带饮水中最适当的氟含量是0.7～1.2ppm(0.7～1.2mg/L)。在寒冷地带，氟的浓度比温带要相应增加，以补偿饮水量少的情况。

目前缺乏中心水源的农村，儿童不可能从自来水中摄取氟，也不可能做到对私人饮水进行加氟，因此全身摄取氟化物的方法除饮水加氟外，可采用更能针对龋病敏感期儿童的食物加氟，如牛奶食盐等加氟或口服氟化物片剂的防龋方法。食物中的加氟量常以饮水中的氟浓度作为标准；常用氟化物为中性氟化钠和酸性氟磷酸钠制成含氟化物0.25mg、0.5mg和1.0mg的片剂，每日1mg。使用时将氟片嚼碎或含化，半小时内不漱口，既达到全身用氟的作用，同时也起到氟的局部作用。

2. 局部用氟 氟化物的局部应用是非常重要的防龋方法，尤其对儿童新萌出的牙齿，局部用氟效果更好。新萌出的牙齿处于发育矿化过程，氟化物能促进其再矿化进程，增强牙齿组织的防龋能力。

氟化物对细菌的抑制，所需浓度较高，需达到250ppm才有效。全身摄氟后的口腔环境中难以达到如此高的氟浓度，而局部涂氟，口腔环境能达到抑制细菌所需的氟浓度。因此对抑制致龋菌而言，局部用氟效果较好。

局部用氟的方法包括个人用氟法和专业人员使用的方法。前者包括含氟牙膏及氟化物漱口液的使用。后者包括局部涂氟和氟凝胶的使用。局部用氟前，需清洁牙面，以利于氟的吸收。

个人用氟是非常容易推广使用的防龋措施，含氟牙膏和氟化物漱口液的使用，极易在家庭中普及，是非常简便易行的防龋措施。为安全起见，4岁以前的儿童不宜使用。

专业人员使用氟化物的方法，主要是在龋病预防的临床中由专业人员操作使用，如氟化物溶液局部涂擦及含氟凝胶涂布。含氟凝胶为半固体状，使用时可用牙刷蘸上凝胶刷牙涂布或用托盘局部使用。

（三）氟化物的毒性作用

氟为细胞原浆毒物，当一次使用剂量过大，浓度过高或误吞氟化物，则可导致急性氟中毒，成人急性中毒致死量为一次2～5g，儿童急性氟中毒致死量为0.5g左右。例如成人口服2%氟化物溶液100ml可致死。急性氟中毒初期表现出恶心、呕吐、腹泻等胃肠症状，继之四肢感觉异常疼痛，反射亢进，甚至抽搐痉挛。此时血中钙离子与氟结合使血钙急剧下降。患者出现血压下降，心力衰竭。严重者可致死亡。

长期摄入过量的氟可导致骨骼和牙齿的慢性氟中毒。慢性中毒反应在临床上比急性中毒更为重要，慢性中毒的发生率比急性中毒高，而且不易发现，一旦发现就已造成不可逆转的病损。慢性氟中毒通常发生在长期摄入较多氟化物的人群，例如饮水含氟量过高地区的人群。慢性氟中毒以骨和牙齿损害最突出。牙齿慢性氟中毒即氟牙症或称氟斑牙。当儿童长期摄取过量氟（地区饮水氟含量高过2～4ppm），使处于发育矿化期的牙齿硬组织发生牙釉质发育不全、钙化不良以及釉质表面呈白垩色或黄褐色甚至暗棕色斑块，严重者出现釉质缺损。氟牙症多发生在饮水含氟量过高地区的儿童，对牙齿的损害主要表现在恒牙。骨的慢性氟中毒起先为骨质密度增加韧带和肌腱有钙质沉积，骨关节僵硬、疼痛、变形、脊柱侧弯、运动受限、甚至截瘫，称为氟骨症。

预防慢性氟中毒，主要应控制每日摄氟量，采取严格的科学管理饮水加氟。居住在高氟区的居民可降低饮用水的氟含量。处理好废气、废水、废渣，避免污染环境。

（四）常用的防龋氟化物

常用的氟化物制剂主要为溶液和凝胶型。

氟化钠溶液（sodium fluoride solution） 氟化钠为白色、无味的粉末，易溶于水，不溶于醇。该溶液较稳定，不刺激牙龈组织，对牙齿不着色，能缓慢腐蚀玻璃，因此需储存于聚乙烯瓶内。无异味，容易为儿童接受。

【处方组成】 将2g氟化钠溶解于100ml蒸馏水中配制而成。

【临床应用】 清洁牙固，隔湿、吹干牙面，用浸泡药液的棉球涂擦牙面，保持湿润4分钟，每周

涂一次，4 次为一疗程。根据乳、恒牙萌出的时间和患龋规律，可在 3、7、10 和 13 岁各进行一疗程，直到恒牙全部萌出。每人一次最大用量以 1～2ml 为宜。涂擦后 30 分钟内不漱口，不进食。

也可配成 0.2%的氟化钠漱口液，每周含漱一次，或 0.05%氟化钠漱口液，每日含漱一次。

据报道，低氟区儿童经过 2%氟化钠溶液处理牙面后，龋病发生率可降低 30%～40%。

氟化亚锡溶液（stannous fluoride solution）氟化亚锡为白色、无嗅的吸湿性结晶性粉末，具苦咸味，易溶于水，不溶于醇、醚和氯仿中。

【药理作用】 氟化亚锡具有氟离子和锡离子双重抗龋作用。亚锡离子作为表面活性剂，可阻止细菌粘附于牙面，从而减少菌斑的形成。亚锡离子可与变链菌细胞膜上的酸性物质发生作用，选择性抑制变链菌。氟化亚锡与牙齿接触时间延长后，锡与正磷酸作用，形成一层不溶性磷酸锡、氟化钙和磷酸氟化物。

【临床应用】 常使用的涂搽溶液为 8%氟化亚锡水溶液。其防龋效果优于 2%氟化钠溶液，涂搽方法同 2%氟化钠溶液。也可配制成 0.025%溶液漱口。凝胶的用法是用等量去离子水稀释凝胶，使锡与氟离子释放出来，然后用牙刷蘸凝胶稀释液刷于各牙面。

【注意事项】 氟化亚锡溶液不稳定易水解和氧化形成氟氧化锡和锡离子，减弱其作用。因此，每次使用时必须新鲜配制，在一小时内用完，否则将变成白色沉淀而失效。氟化亚锡溶液有时对牙龈有刺激作用，使牙龈组织发白，也易使釉质脱矿区、发育不全区和充填物边缘变为棕黄色或黑色，这可能是由于形成亚硫酸锡之故。为克服这些缺点，可使用较稳定的 0.4%氟化亚锡凝胶，由 0.4%氟化亚锡加羧甲基纤维素、甘油和香料配制而成。

酸性磷酸氟（acidulated phosphate fluoride, APF）

【处方组成】 APF 系氟化钠和磷酸组成的防龋剂。它的剂型有溶液和凝胶二种。常用的涂搽溶液为 1.23%氟化钠溶于 0.1mol/L 磷酸液中配制而成。漱口液由 0.05%氟化钠与 0.01mol/L 磷酸配制而成。APF 凝胶即在 APF 溶液中加入甲基纤维素或羟甲基纤维素使成半固体凝胶体。

【药理作用】 酸性磷酸氟的 pH 3.2。由于其弱酸性，可使牙釉质中的钙、磷溶解呈多孔状，有助于氟化物进入牙釉质深层而滞留其中。研究表明，APF 溶液比氟化亚锡和氟化钠溶液更容易被釉质吸收。溶解的钙、磷与氟结合沉淀生成氟磷灰石，因此使用 APF 溶液可明显增加牙釉质中氟磷灰石的含量。APF 中的磷有稳定磷灰石的作用，APF 的酸性可使釉质释放钙和磷，而有磷酸盐存在时可阻止钙、磷的过度释放。APF 的防龋效果比中性氟化钠和氟化亚锡明显，性质也很稳定，可保存使用。对口腔组织无刺激性，不引起牙齿变色。

【临床应用】 APF 涂搽溶液的用法同 2%氟化钠溶液。APF 凝胶一般用托盘局部应用。使用时先清洁牙面、隔湿、吹干，用适合口腔大小的泡沫塑料托盘装入适量凝胶，分别置于上下颌弓，轻轻咬动，使凝胶布满牙面并挤入牙间隙及窝沟内，停留 4～5 分钟后取下托盘，半小时内不漱口不进食不饮水，使药物在牙面上停留的时间延长。第一年每季度使用一次，第二年每半年使用一次。使用含氟凝胶可由专业人员操作，也可在专业人员的指导下，使用者自我操作。

单氟磷酸钠（monofluorophosphate, MFP）

【药理作用】 单氟磷酸钠具有较好的抗龋作用，特别对光滑面龋的预防较好。它的水解作用很缓慢，可持续释放低浓度的氟离子。单氟磷酸钠中的阴离子本身就有抗龋作用，它能很快从釉质表面弥散至整个釉质中。

【临床应用】 单氟磷酸钠多用于牙膏中使用，其浓度一般为 0.76%。

二、银 化 合 物

银化合物中，最常用的是硝酸银的各种制剂。它是一种有腐蚀性的强电解质，在水溶液中，大量的银离子能与牙本质内的蛋白质结合，形成比较硬的蛋白质沉淀，以阻断外来因素对牙髓的刺激。此外，银离子经过还原处理形成金属银沉淀于牙面，以阴止外来致龋因素对牙齿表面的侵袭。

常用的银化合物有氨硝酸银和氟化铵银。

（一）硝酸氨银（silver ammoniacal nitrate）

【处方组成】

硝酸银	30g
蒸馏水	10ml

浓氨溶液　适量

【药理作用】 硝酸银能与人体组织和细菌蛋白结合形成蛋白银而沉淀，蛋白银放出微量银离子与细菌中酶蛋白的活性基团作用，干扰细菌的某些酶系统而杀灭细菌。但硝酸银具有强刺激性和腐蚀性，加人浓氨水后，反应生成银氨铬离子，可减少银离子的刺激作用。硝酸银与还原剂（如丁香油、碘酊、10%福尔马林）作用，生成还原银沉淀在点隙裂沟处，预防龋病的发生。沉淀在乳牙广泛龋的牙本质小管中，抑制细菌生长，延缓或停止龋蚀的发生。

【临床应用】 氨硝酸银用于封闭年轻恒牙较深的点隙裂沟，也可用于乳牙龋坏面积广泛而不能制洞充填者。使用氨硝酸银可使龋蚀停止发展，也用于抗牙本质敏感。

使用时，吹干牙面，隔湿，涂氨硝酸银 1 分钟，用热空气吹干，再用还原剂处理，使牙面变黑。

【注意事项】

该制剂易被光和多种还原剂沉淀，因此每次使用均须新鲜配制，避光密封保存。使用此剂后牙面变黑，因此不适用于前牙。

（二）氟化铵银溶液（silver ammonium fluoride solution）

【处方组成】

氟化铵	12.5g
氧化银	28g
浓氨水	适量
蒸馏水	加至 100ml

【药理作用】 氟化铵银具有氟、银的双重药理作用。氟化铵银与牙釉质中的羟磷灰石反应生成氟化钙和难溶性的磷酸银，使钙、磷不易流失，促进钙化，银离子进人牙本质小管，与成牙本质细胞胞浆突等有机物结合，形成蛋白银沉淀，闭锁牙本质小管，银离子与菌体蛋白结合形成蛋白银沉淀而呈现杀菌作用。氟化铵银也用于抗牙本质过敏。

【临床应用】 使用方法同氨硝酸银，因使用后使牙齿变黑，不宜用于前牙。

三、微量元素

随着微量元素研究的进展，已发现除氟以外尚有一些微量元素与龋病的预防有密切关系。如钼、锶和镧等。

（一）钼（Mo）

【药理作用】 钼是生物必需的微量元素，经流行病学研究和动物实验证明钼有防龋作用。常用的制剂为氟化钼酸铵 $(NH_4)_2MoO_2F_4$ 它发挥了氟和钼的双重抗龋作用。钼可促进氟磷灰石和氟化钙的生成，降低磷灰石中的碳酸根离子的含量，因此能增强牙齿的抗酸能力。并能促进釉质再矿化和抑制胶原酶的作用，阻碍了胶原酶对牙本质中胶原的破坏，从而有预防龋病的作用。它不着色牙齿，可用于前牙。临床使用没有毒副作用。

【临床应用】 氟化钼酸铵的常用浓度为 10%。使用时清洁牙面，隔湿、干燥，用小棉球蘸药液涂布于牙面 4 分钟，冲洗 30 秒。每次用量 0.5ml。每周涂布一次，连续使用 3 周以后，间隔 3 个月再涂布。

（二）锶（Sr）

【临床应用】 流行病学调查表明，饮水中锶的含量与龋病的发生呈负相关，其机制可能是高浓度的锶能抑制致龋菌的生长代谢，并能减少釉质中碳酸盐的含量，从而增强釉质的抗酸能力。

【临床应用】 常用制剂为 25%氟化锶水溶液，用于牙面涂擦有一定防龋效果。使用方法同氟化钠。

（三）镧（La）

近年来有人研究证明镧有抗龋能力。镧能与钙发生离子交换而进入牙釉质，增强釉质晶体的稳定性，并能促进脱矿釉质对氟的摄人。镧和氟合并使用的防龋效果更佳。目前镧的防龋效果和防龋机制尚未完全揭晓，有待进一步研究。

第二节 抗牙本质敏感药

抗牙本质敏感药是指能减轻或消除牙本质敏感症所引起的疼痛，而对牙髓无害的药剂。根据牙本质敏感症发生的流体动力学理论，其抗敏感的原理为通过化学反应产生不溶性物质，使牙本质小管内物质凝聚，或促进磷灰石再矿化阻断牙本质小管，以减少或避免牙本质小管内的液体流动，达到抗敏感的目的。

一、抗牙本质敏感药应具备的条件

理想的牙本质脱敏药应具有以下几个条件：

1. 对牙髓没有刺激性。
2. 能消除或减轻牙本质过敏症所引起的疼痛。
3. 不刺激口腔软组织。
4. 疗效稳定而持久。
5. 不引起牙齿变色。
6. 操作方便。

目前尚无完全达到上述理想条件的抗牙本质敏感药，大多数能暂时缓解疼痛，疗效不能持久。

二、常用的抗牙本质敏感药

常用的抗牙本质敏感药包括氟化物、氯化锶和银化合物。

（一）氟化物

氟化物治疗牙本质敏感症，是由于沉积的含氟复合物机械性地阻塞牙本质小管和阻断液压的传导。

1. 氟化钠甘油（sodium glycerine fluoride）

【处方组成】

氟化钠	75g
甘油	25g

【临床应用】

氟化钠糊剂不使牙齿变色，对局部无刺激性，适用于牙颈部的脱敏。使用时，隔湿、擦干牙面，用75%酒精棉球涂擦以脱水、脱脂，吹干，用小棉球蘸糊剂涂擦牙面2～3分钟，每周涂一次，4次为一疗程。除涂擦外也可用2%氟化钠电离子导入法，以直流电疗器导入。患者手握正极，氟化钠液湿润负极，并接触到过敏区，电流0.5～1mA，然后通电，以患者无不适感为限，通电10分钟。

2. 8%氟化亚锡溶液（见第一节防龋药）

（二）氯化锶

锶离子能有效地透入牙本质内与蛋白质形成凝固物，在牙本质小管内沉积，堵塞牙本质小管，阻断外来刺激的传导。锶还能促进无机成分补充到牙本质中，有利于继发性牙本质的形成。

氯化锶为中性盐，高度水溶性，毒性很低，广泛使用10%氯化锶牙膏成局部涂擦75%氯化锶甘油或25%氯化锶液体作为抗牙本质敏感药。

（三）银化合物

1. 氨硝酸银（见第一节防龋药）
2. 氟化铵银（见第一节防龋药）
3. 碘化银　碘酊与硝酸银均具有一定的渗透性，两者都能渗透到牙本质小管，相互作用产生新生碘化银沉积于牙本质小管内，从而阻断了传导。本法适用于后牙殆面的脱敏。

【处方组成】

Ⅰ液	2%～5%碘酊	适量
Ⅱ液	10%硝酸银	适量

【临床应用】

在牙面过敏区涂Ⅰ液半分钟后，再涂Ⅱ液，即有灰白色沉淀附着在过敏处，过半分钟再如法涂擦1～2次。

第三节　活髓保存药

牙髓是富于血管和神经的组织，对牙体组织具有防御、修复和再生能力。生活的牙髓对生理性和病理性刺激发生反应，不断产生继发性牙本质和修复性牙本质，对牙髓起保护作用。牙髓组织丰富的血循环，供给了牙体组织和部分牙周组织的营养。因此保存生活的牙髓对牙齿的健康有着积极的意义。由于牙髓血循环只能通过细小的根尖孔运行，缺乏侧支循环，一旦受到感染和损伤不易逆转，因此在20世纪30年代以前，很多学者认为牙髓一旦暴露是不能恢复健康的。然而经过大量临床实践，随着技术和药物的改进，人们逐渐意识到牙髓组织有时确实具有明显的修复能力。牙髓组织和机体的任何组织一样，只要去除有害因子，是能自身愈合的。

活髓保存术中使用药物的主要作用是隔绝外界理化因素对牙髓的刺激，保护牙髓健康，提供牙髓修复的微环境，激发诱导牙髓细胞的分化，从而形成牙本质桥，促进牙髓组织的愈合。

深龋的龋损病变已进入到牙本质深层，病变接近牙髓，为隔绝外界刺激保护牙髓，充填时需先用对牙髓无刺激性的垫底材料垫底，起到屏障和安抚作用。这种垫底材料称为垫层剂，如氧化锌丁香油糊剂，也属于活髓保存药。健康牙髓即将暴露或已暴露或活髓切断术后作为覆盖牙髓保存其活力的活髓保存药物称为盖髓剂。它除起到隔绝外界刺激

外，还能促使在牙髓表面形成牙本质桥，从而保全牙髓的生理功能。覆盖尚未暴露的牙髓，称间接盖髓术；覆盖已暴露的牙髓，称为直接盖髓术。

一、活髓保存药应具备的条件

作为垫层剂和盖髓剂应具有的条件如下：

1. 对牙髓组织有亲和性，无毒性和刺激作用。
2. 能促进牙髓组织的修复再生。
3. 有较强的杀菌和抑菌作用。
4. 有消炎作用。
5. 有较强的渗透性。
6. 性能稳定持久，有一定强度，与其他充填材料接触不变色。
7. 保存和使用方便。
8. 不使牙齿着色。

二、适 应 证

盖髓术仅适用于未感染或感染轻微可以恢复正常的牙髓，即深龋或可复性牙髓炎未露髓或已露髓者。最适用于青少年恢复力强而牙根尚未完全形成的牙齿，一般用于后牙，前牙可选用活髓切断术。

三、常用的活髓保存药

(一) 氢氧化钙

氢氧化钙（calcium hydroxide）是最早用于保存活髓的药物，1930年由Herman将其引进到牙科领域作为盖髓剂，此后则广泛用于直接盖髓、间接盖髓和活髓切断。近年来欧洲一些国家将其作为根管消毒药。直到目前为止，氢氧化钙仍是最成熟、最理想的盖髓剂。

氢氧化钙是一种白色粉末，微溶于水，并可少量离解成钙离子和氢氧根离子。根据其pH不同，分为高pH的氢氧化钙（pH 11～13），和低pH的氢氧化钙（pH 9～10）。高pH氢氧化钙因其强碱性，盖髓后引起的组织学反应特点是与盖髓剂接触的浅层牙髓组织发生凝固性坏死，牙本质桥在盖髓剂下方一定距离处形成。低pH值氢氧化钙，盖髓后的牙髓组织学反应特点是牙髓组织不出现坏死层，牙本质桥直接在盖髓剂下方形成。

1. 氢氧化钙的药理作用

（1）促进牙本质桥的形成 氢氧化钙可促进牙髓细胞碱性磷酸酶基因表达作用和激活碱性磷酸酶的活性，而诱导牙髓细胞分化成成牙本质细胞和促进牙本质基质形成，加上氢氧化钙供给大量过剩的钙离子，所以可促使磷酸钙沉淀，继之形成牙本质桥，使牙髓得以封闭。

（2）保护牙髓 氢氧化钙中的钙离子能与组织中的碳酸根离子结合，形成碳酸钙防壁，保护牙髓。

（3）抑菌作用 氢氧化钙的强碱性虽然无直接杀菌效果，但可直接抑制细菌生长，中和细菌代谢产物，促进组织愈合。通常可配伍耐碱性抗菌药物（如磺胺类、碘仿等）。

2. 氢氧化钙制剂

（1）氢氧化钙糊剂 用蒸馏水或生理盐水与之调和，轻轻敷贴于露髓面上。但由于单纯氢氧化钙具有较强的细胞毒性，可造成与之接触的表浅牙髓组织变性坏死。此外，因其无消炎作用，不能直接杀灭细菌，炎症牙髓用单纯氢氧化钙效果不佳，而且不易操作，对X线阻射不够等缺陷。临床上常用加有抗菌防腐成分的氢氧化钙制剂。

（2）钙维他（calvital）是碘仿氢氧化钙的代表产品，具有抗菌，防腐等特点，临床病理学研究证实是一种性能优良的盖髓剂。盖髓后牙髓组织很少发生炎症或化脓，所形成牙本质桥比纯氢氧化钙所形成的牙本质桥质量好。钙维他糊剂也可作为根管充填剂，其成分见根管充填剂。

（3）代卡尔（dycal）是可固化氢氧化钙的代表产品，操作方便，可承受充填和咀嚼压力，具有良好的生物封闭作用，可防止细菌侵入等优点，动物实验表明用可固化氢氧化钙直接盖髓，牙本质桥通常直接在盖髓剂下形成，无牙髓组织丧失。dycal的成分如下：

甲组份	氢氧化钙	51.0%
	氧化锌	9.2%
	硬脂酸锌	0.3%
	氨磺酰乙基甲苯	39.5%
乙组份	二氧化钛	45.1%
	钨酸钙	15.2%
	硫酸钙	0.6%
	1，3-二醇丁脂	39.1%

用时，取甲、乙组份等量混匀。

(二) 氧化锌丁香油糊剂

氧化锌丁香油糊剂又称氧化锌丁香油粘固剂，

由氧化锌粉末和丁香油溶液调拌而成。氧化锌为白色粉末，无味、无臭，具有弱防腐作用与缓和的收敛作用，能保护创面。丁香油的主要成分为丁香油酚，味芳香，有刺激性，为无色或微黄的液体，接触空气后，颜色变深，有防腐和镇痛作用。

氧化锌丁香油糊剂因对牙髓有安抚作用而作为深洞垫底材料（即垫层剂）或间接盖髓剂，也可作为牙髓病治疗过程中窝洞的暂时封药用或作为根管充填糊剂，但很少用于直接盖髓。有研究表明，氧化锌丁香油糊剂与牙髓直接接触，可能导致牙髓慢性炎症，最终牙髓坏死而无牙本质桥形成，造成盖髓失败。因其强度较差，不能承受殆力。为增加强度，改进了配方：

液体	丁香油	37.5%
	乙氧苯甲酸	62.5%
粉剂	氧化锌	80%
	聚甲基丙烯酸甲酯	20%

（三）0.5%～1.0%多聚甲醛

高浓度多聚甲醛作为牙髓失活剂，低浓度多聚甲醛（0.5%～1.0%）能刺激成牙本质细胞，促进继发性牙本质形成，对牙髓具有保护作用。临床上多使用低浓度多聚甲醛间接盖髓，但残留的牙本质厚度应在1mm以上，才能获得满意效果，如残留牙本质较薄，易诱发牙髓炎。

多聚甲醛盖髓剂的处方如下：

粉	多聚甲醛	1g
	盐酸普鲁卡因	2g
	氧化锌	97g
液	氯化锌	14g
	阿拉伯胶	10g
	蒸馏水	加至100ml

本处方中普鲁卡因具有局部止痛功效。氧化锌有收敛作用，能阻断外来刺激，保护牙髓。氯化锌能增强收敛性，可作为氧化锌的硬化剂，阿拉伯胶能保持液体的粘稠性，有利糊剂的成形。

第四节　牙髓失活剂

治疗牙髓病时，需采用无痛方法去除牙髓，一般在局部麻醉下摘除。但是有时麻醉效果不佳，或对麻药过敏者，可采用牙髓失活法，即用化学药物封于生活的牙髓创面上，使其失去活力，发生化学性坏死，达到无痛性拔除牙髓。使牙髓失活的药物称为牙髓失活剂。牙髓失活剂一般对组织有强腐蚀性，必须小心使用。使用时，用探针挑取米粒大小的失活剂，准确地置于露髓孔处，以暂封材料密封窝洞，避免漏出窝洞腐蚀牙周膜及牙龈，造成炎症及组织坏死。

一、牙髓失活剂应具备的条件

为了保证牙髓失活的安全，理想的失活剂应具备如下条件：

1. 在牙髓失活过程中不引起疼痛。
2. 对牙髓、牙本质无损害。
3. 牙髓失活效果好，拔髓时无痛。
4. 对周围组织安全，封药无吸收或吸收缓慢。

在目前广泛使用的失活剂中，很难完全符合以上条件。

二、常用的牙髓失活剂

常使用的失活剂包括亚砷酸（三氧化二砷 As_2O_3）、金属砷、多聚甲醛和蟾酥制剂。

（一）亚砷酸（三氧化二砷 As_2O_3）

三氧化二砷为灰白色粉末，溶于水，在水中变成亚砷酸，并游离出 ASO_3^{-3}离子。

【处方组成】

三氧化二砷	4g
盐酸可卡因	0.8g
麝香草酚	0.5g
盐酸麻黄素	0.06g
依沙吖啶乳盐（利凡诺）	0.5g
丁香油	0.5ml
蒸馏水	2ml
脱脂棉	适量（约2g）

【药理作用】　AsO_3^{3-} 能透过细胞膜，对细胞原生质有强烈毒性作用。三氧化二砷能与—SH基酶结合，破坏酶的功能，阻碍了细胞呼吸与能量代谢系统等。而产生对组织腐蚀破坏作用。三氧化二砷可引起牙髓毛细血管极度充血，内层细胞破坏，结果导致毛细血管广泛破坏出血、血循环障碍而导致组织坏死细胞死亡。三氧化二砷作用于神经，使其麻痹，神经纤维弯曲、膨胀，髓鞘及轴索破坏。

配方中加入局部麻醉药、丁香油等具有缓解三氧化二砷引起的疼痛；利凡诺、麝香草酚能防腐，

防止失活的牙髓组织腐败；盐酸麻黄素具有收缩毛细血管作用，以减少三氧化二砷全身吸收，及维持三氧化二砷在局部的作用；药用炭和利凡诺有着色作用，有助于观察药物混合均匀程度，并便于察看封洞后是否有药物渗出洞外腐蚀牙龈。

【临床应用】 三氧化二砷对组织的毒性作用没有自限性，可以破坏深部组织，因此失活牙髓时，必须控制药物作用时间，使其作用于牙髓，而不扩散到根尖孔以外。一般封药24～48小时，应及时取出。

【注意事项】 根尖孔未完全形成的牙齿，不宜使用三氧化二砷失活，因其血运丰富，药物扩散快，很易扩散到根尖周组织，引起化学性根尖周炎，影响牙根尖的继续发育。

因为三氧化二砷是剧毒药物，作用没有自限性，不慎溢出后对牙龈组织和牙槽骨、牙周膜有较强的腐蚀性，目前在临床上较少使用。

（二）金属砷

【处方组成】

金属砷	1.0g
可卡因	1.0g
石炭酸	适量
棉 块	适量

【药理作用】 上述处方中，可卡因有止痛作用，石炭酸有防腐止痛作用，金属砷具有砷剂的作用特点，但是比三氧化二砷的作用缓慢，与牙髓接触后，氧化为亚砷酸，再作用于牙髓，产生与亚砷酸相似的作用，主要是使牙髓充血、栓塞而失去活力，因金属砷作用缓慢安全，不易产生化学性根尖周炎。

【临床应用】

金属砷适用于乳牙牙髓失活，封药时间一般为2～4天，一般成人封药5～8天。

（三）多聚甲醛

【处方组成】 多聚甲醛为甲醛的聚合体，不稳定，高温下甲醛可逐渐成为气体游离。多聚甲醛作为牙髓失活剂的浓度较高，约为35%～60%。

多聚甲醛失活剂处方如下：

多聚甲醛	2.0g
盐酸可卡因	1.0g
羊毛脂	适量
石棉粉	0.4g
伊红	适量

【药理作用】 高浓度多聚甲醛具有原生质毒性，神经毒性，能引起毛细血管内皮细胞发生损害，平滑肌麻痹充血、扩张、出血，神经麻痹，最终牙髓逐渐坏死。由于甲醛有凝固蛋白作用，牙髓为干性坏死，可保持无菌。

【临床应用】 多聚甲醛作用缓慢安全，封药时间为2周左右，封药时间延长或药物漏出均无大的影响，因此适用于乳牙。

（四）蟾酥制剂

【处方组成】 蟾酥制剂失活分快速失活和慢速失活。快速失活可在30～40分钟达到无痛操作；慢速失活需封药2～4天达到牙髓失活。处方如下：

处方Ⅰ（快速失活）

蟾酥	0.8g
信石	1.0g
朱砂	0.1g
樟脑	0.1g
可卡因	0.25g

处方Ⅱ（慢速失活）

蟾酥	2.0g
草乌	1.5g
荜拨	1.5g
花椒	适量

将各组分研成细末，调和均匀，以丁香油调成糊状备用。

【药理作用】 蟾酥对牙髓失活作用类似三氧化二砷，但作用较缓和，可在短时间使神经麻痹达到无痛，作用时间久后，血管扩张、充血、出血、循环障碍而导致组织坏死。

第五节 干 髓 剂

干髓剂是指对根管内的残存牙髓起脱水、固定和防腐等作用，使残髓木乃伊化，以无菌状态留存根管内，防止感染扩散到根尖周组织的药物。这种治疗方法称为干髓术。

一、干髓剂应具备的条件

1. 能发挥持续性的消毒、防腐作用，长期保持失活的牙髓无菌。

2. 能使牙髓组织干化，固定在根管内，充满

根管无空隙，体积不变。

3．易渗透到牙髓组织内，但不弥散出根尖孔，对根周膜无害。

4．不使牙髓着色。

5．能促使牙根尖形成骨性闭锁。

目前没有完全具备上述性能的干髓剂。

二、干髓术的适应证

干髓术适用于患不可复性牙髓炎而根管弯曲或根管内因钙化堵塞，不能进行根管治疗的牙齿，或器械不能达到的第三磨牙，以及临近替换的乳牙。一般多用于后牙。由于在临床上不易判断根部牙髓有无病变，因此，干髓术的适应证不易确定，治疗效果不能肯定，尤其远期效果往往不佳。目前临床上很少使用。

三、常用干髓剂

【处方组成】　常用干髓剂的主药是多聚甲醛。

干髓剂Ⅰ号

粉剂	多聚甲醛	10g
	麝香草酚	3g
	氧化锌	82g
	无水硫酸锌	5g
液剂	甲酚	40ml
	甘油	20ml
	软肥皂	20～40g

按需要取适量粉剂与液剂，在洁净调板上调成膏状。置于根管口，上覆盖粘固剂。

干髓剂Ⅱ号

多聚甲醛	3g
麝香草酚	1g
盐酸丁卡因	0.3g
氧化锌	5g
羊毛脂	约 1g

【药理作用】　多聚甲醛能缓慢释放甲醛，对牙髓有防腐、固化的作用。药物的轻度刺激能促进骨样组织形成，封闭根尖孔。制剂中还配伍其他防腐及脱水性药物，以加速和加强疗效。

【临床应用】　在局麻下或失活剂失活牙髓后，揭开髓盖去除冠髓，清洗、擦干窝洞，隔离唾液，先用甲醛甲酚棉球置于牙髓断面上片刻，随即取出小棉球，将少量干髓剂置根髓断面上，其上以磷酸锌粘固粉垫洞底，永久充填。

第六节　根管治疗药物

根管治疗过程中除了机械性地进行根管清创外，对根管系统中细菌的抑制或消灭是非常重要的，各种药物和化学药品已使用多年，用于协助达到此目的。

在根管治疗中药物科学地用于临床，始于 18 世纪中叶美国牙科学的发展期。当时药物使用于根管治疗的主要目的是止痛。到了 19 世纪末 W D Miller 和 G V Black 相继发表文章阐述药物用于根管治疗的作用原理不仅是止痛主要是抑制感染根管内的微生物，并研究了牙髓组织分解产物的毒性作用。这一新概念促使一些新药物和新技术相继问世。19 世纪 90 年代使用的樟脑对氯酚和甲醛甲酚一直沿用至今，但当时很少考虑到这些药物的毒性作用。1898 年 A H Peck 通过实验结果证实了所使用的一些根管治疗药物都具有一定的毒性，因此 G V Black 向临床医师在作根管治疗时提出了必须考虑的两个问题，即所使用的药物毒性如何以及要求这些药物达到什么样的治疗效果。

一、影响根管治疗药物效果的因素

在根管治疗中某些因素例如宿主的抵抗力、细菌的毒性、微生物的抗药性和敏感性以及解剖形态复杂的根管系统等，都是临床医师难以控制的，然而有些影响药物效果的因素则是可预见和能控制的。例如：

（一）药物的浓度

研究证明，在溶解组织的能力方面，5%的次氯酸钠（sodium hypochlorite）比 2.5%的强。最低浓度不得低于 0.5%。但高浓度的毒性比低浓度大。所有根管药物均具有浓度与毒性及药效的直接作用。

（二）接触

根管内药物要起到有效的消毒作用必须与根管内的有机组织或微生物接触。根管冲洗液如果不与根管内的炎症或坏死组织接触，则既不能溶解组织也不能将根管内的残屑机械性地冲洗出根管。根管必须机械性扩大，冲洗液才能达到根尖处。同样根

管消毒药必须进入根管系统才有效。但是目前已证明，常用的根管消毒药中，只有甲醛甲酚有挥发活性，能渗透到根管系统，其他药物必须依靠毛细作用，弥散进根管系统。但是，因为药物均具有一定的细胞毒性，因此必须谨慎使用，尽量避免药物接触到根尖周围的健康组织，以免引起急性化学性根尖周炎。

（三）有机组织的存在

所有非特异性根管消毒药，都能引起蛋白凝固。如果根管内的有机组织未完全清除，遗留的有机组织与根管消毒药作用后，其蛋白质发生凝固，这种凝固块成为屏障，阻碍药物进一步渗透而限制其药效，因此根管的机械预备是根管消毒药发挥有效作用的前提。

（四）药物的用量

Baker 等研究发现低浓度的次氯酸钠（1%）与正常浓度比较，在去除根管残屑的能力方面，没有显著性差异。但是去除残屑彻底与否与所用根管冲洗液的量有直接关系。但对根管消毒药物而言则不能以增加其用量来达到增加药效的目的，即不能用浸满药液的纸尖或棉捻封闭在根管内以免引起根尖周组织的损伤。目前使用药物的倾向是在保持药效的基础上尽量限制剂量，降低浓度以减轻对宿主组织的损害。

二、常用的根管治疗药物

根据药物的作用方式和要达到的治疗效果，将根管治疗药物分为 4 类：即用于软化根管壁牙本质，利于器械操作的根管扩大辅助剂；用于化学性抑菌和物理性清除根管内残屑及坏死组织的根管冲洗液；用于抑菌和止痛的根管消毒剂以及用于充填根管的根管充填剂。

（一）根管扩大辅助剂

临床通常使用的制剂为乙二胺四乙酸即 EDTA（ethylenediamine-tetracetic），常用 15% 乙二胺四乙酸钠溶液

【处方组成】

乙二胺四乙酸钠	17g
蒸馏水	100ml
5N 氢氧化钠溶液	9.25ml

乙二胺四乙酸钠也可与其他制剂联合使用，如 EDTAC。处方如下：

乙二胺四乙酸钠	17g
溴化十六烷基甲铵（Cetavlen）	0.84ml
5N 氢氧化钠溶液	9.25ml
蒸馏水	100ml

Rc-Prep 也是一种 EDTA 合剂。由乙二胺四乙酸钠与过氧化脲以及水溶性聚乙二醇赋形剂配制而成。处方如下：

乙二胺四乙酸钠	15%
过氧化脲	10%
水溶性聚乙二醇	75%

【药理作用】 根管扩大辅助剂即根管的化学预备时所使用药物。根管扩大通常以扩孔钻和扩孔锉等器械预备为主。对于细小狭窄的根管或根管内有钙化物等，则需要用化学药物脱矿、软化根管壁的牙本质或根管内的钙化物，辅助器械扩大根管。

根管扩大辅助剂其实质即为无机质溶解剂。EDTA 是一种白色晶状固体，不溶于水，能与各种二价和三价金属离子形成稳定的螯合物。乙二胺四乙酸钠则是一种螯合物，通常作为重金属的解毒剂。EDTA 具有明显抗微生物性能，则是由于它与细菌生长所必需的金属离子螯合，切断细菌的营养而抑制其生长所致。1957 年由 Ostby 将其引进到牙科领域，是目前国内外应用最广泛的根管扩大辅助剂。可作为脱钙剂，软化根管内的牙本质壁，其作用是释放 Na，螯合牙本质中的钙，造成根管壁部分脱矿。此种溶液基本无毒性，不刺激根尖周组织。

溴化十六烷基甲铵是一种四价胺的化合物，阳离子表面活性剂，有消毒杀菌作用，也能提高制剂的渗透作用。毒性较轻。

Rc-Prep 合剂的作用是结合了 EDTA 的螯合活性和过氧化脲的溶解、杀菌作用和发泡特点。聚乙二醇可防止 EDTA 液被这种过氧化物氧化，它也可以作为一种优质的润化剂。

【临床应用】 对于狭窄根管、根管钙化或根管内异物可用 EDTA 来处理。此外，根管制备后，根管壁的污染层（又名涂层），可能影响根管治疗充填的密合度，用 5.25% 次氯酸钠冲洗根管后，再用 17% EDTA 冲洗根管可去除涂层，能使可塑性根管充填材料和粘结性介质渗透进牙本质小管，增进根管充填的密合度。

【注意事项】 Patlerson 指出 EDTA 使用后，

其螯合作用可持续数天，但一般说来，当它与钙结合后，活性即丧失，而出现自限性。EDTA 的螯合作用是非常强的，使用5分钟后可穿透和软化牙本质深度 20～30μm。因此必须小心使用，以防止根管壁悬突，侧穿或根管改道。被软化的牙本质必须及时清除，以免存留在根管内，封闭根管影响最后的根管充填。

（二）根管冲洗剂

根管冲洗剂是具有杀菌、溶解坏死组织作用的无刺激性水溶液，作冲洗根管用，并能增进根管残屑的机械性清除。因此，根管在机械预备的同时，还需用药液冲洗。常用的根管冲洗剂如下：

1. 过氧化氢溶液（hydrogen peroxide，H_2O_2） 广泛地用于根管内冲洗，也广泛地用作伤口的清创。其药理作用见消毒防腐药章节。过氧化氢溶液与有机物接触很快释放出氧而发生发泡现象，这种发泡作用有助于在器械扩锉根管时将坏死组织或牙本质碎屑移出，漂浮至表面便于清除。根管必须扩大到足够的程度，过氧化氢溶液才能流到根管的根尖部分。但是在冲洗细窄根管时，不宜压力过大，应保持气泡逸出的通道，以免大量气泡进入根尖孔外的组织，引起疼痛或化学性根尖周炎。

临床上常用3%过氧化氢溶液与5.25%的次氯酸钠溶液交替冲洗根管。这两种溶液相互接触后，很快过氧化氢溶液释放出新生态氧，能有效地破坏厌氧菌；次氯酸释放出氯，结果增强了发泡作用和杀菌效果。

30% 过氧化氢溶液用来漂白活髓牙和无髓牙，例如四环素牙和氟斑牙的活髓牙和变色的死髓牙。这种高浓度的过氧化氢溶液是相当强的氧化剂对活组织有很强的刺激性，使用时要特别小心，绝不能用作根管冲洗。有临床证明，用30% 过氧化氢溶液作牙齿漂白剂，可能发生牙颈部吸收。

2. 次氯酸钠（sodium hypochloride） 次氯酸钠为白色结晶状粉末，性质不稳定，遇光易分解，易与水混合。一般用其水溶液，是一种较强的碱性溶液。1936 年 Walker 首先报道次氯酸钠在根管治疗中的应用。

【药理作用】 其作用原理主要通过次氯酸钠与水作用生成次氯酸，具有氯的强杀菌和强氧化漂白作用，与水作用所生成的氢氧化钠对有机组织有强溶解性，因此能有效地溶解坏死的牙髓组织，并能渗透到牙本质小管中。



$$NaOCl + H_2O \rightleftharpoons OH + HOCl$$

由于次氯酸钠分子小，不带电荷，故易侵入细菌细胞内，与蛋白质发生氧化作用或破坏细菌的磷酸脱氢酶，使糖代谢失调而导致细菌死亡。氯极其活泼，易与有机碎屑结合而抑制次氯酸的形成，降低其药效，因此必须彻底清除根管内的有机碎屑，次氯酸钠才能达到最大的杀菌能力。此外次氯酸钠的杀菌力还受 pH 值、温度等的影响。非解离型的次氯酸的杀菌力大于解离型的次氯酸，而 pH 值越高，解离型越多，非解离型越少，则杀菌作用下降。反之，pH 值下降时，即在酸性环境中，次氯酸钠的杀菌力增强。增加溶液的温度可增加次氯酸钠的抗菌作用和溶解作用。

【临床应用】 次氯酸钠溶液作为根管冲洗液，最常使用的浓度为5.25%。常与3%过氧化氢溶液交替使用，二者共同作用，是目前最理想的根管冲洗液。

3. 氯胺 T（chloramine T） 氯胺 T 又称氯亚明，属于氯化磺酰胺类化合物，本品为白色结晶状粉末，易溶于水，水溶液呈碱性，稳定性差，可缓慢释放出有效氯。由于释放氯的速度慢，故作用持久。

【药理作用】 氯胺 T 为广谱杀菌药物。对细菌繁殖体、病毒、真菌孢子及细菌芽胞均有杀灭作用。药效持续时间长，对组织刺激性小。大量有机物存在时，药效不受影响。但在碱性条件下，杀菌力下降。其作用机制主要是与水反应生成次氯酸，放出活性氯而杀菌，氯亚明也可能有直接的杀菌作用。

【临床应用】 2%溶液用作根管冲洗或窝洞消毒，0.5%～1%溶液用于餐具和各种器皿的消毒。0.1%～0.5%溶液用于眼、耳、鼻及口腔等粘膜的冲洗。

【注意事项】 本品不宜与双氧水配伍。

（三）根管消毒药

感染根管经过机械方法处理后，其根管侧壁牙本质深部，侧支根管和根尖周围等处，仍然有细菌等病原刺激物，因此需要再用药物进行根管消毒，提供一个不适于细菌生长的根管环境。

理想的根管消毒药应具备的条件是能快速地消除和破坏根管内的细菌，不易产生耐药性，对多种

细菌均有效；能中和或破坏根管内的毒性物质；能在血液、浆液、脓液或其他有机物中保持有效浓度，药效维持时间长；对活体组织无毒性作用，不危害宿主组织的生理功能；能有效地渗透到根管、牙本质小管、侧支根管内和根尖周组织，不刺激根尖周组织；较稳定，便于贮存；不着色牙齿；不干扰细菌的培养过程。

实际上，没有一种根管消毒药能完全符合上述所有条件。但根据上述条件，可供医师在临床实践中根据需要作出选择。目前所用的根管消毒药，几乎均具有原生质毒，即引起活细胞结构破坏或功能损伤。这种毒性对宿主细胞和细菌细胞是非选择性的，如果医师使用不当，可能造成严重的根尖周组织损伤，影响愈合。

使用根管消毒药物时，必须先扩大根管并冲洗干燥后，将消毒棉捻或纸尖蘸上少量消毒液，放入根管内，为避免刺激根尖周组织，可用干棉球吸除过多药液，髓室再置入一消毒干棉球，然后用氧化锌丁香油粘固粉或牙胶密封窝洞。

常用的根管消毒药包括酚类、醛类、碘制剂、氯制剂和抗生素类。

1. 甲醛甲酚溶液（formcresol, Fc） 甲醛甲酚简称 Fc。由于所用甲酚实际上是含有邻位、间位和对位的三甲酚（tricresol），所以又简称 FT。1905 年由 Buckley 将其引进牙科，用于根管消毒。

【处方组成】

甲酚	10ml
甲醛溶液	10ml
无水乙醇	5ml

【药理作用】 甲醛甲酚是一种清亮微红色，具有独特辛辣气味的液体，既有防腐消毒作用，又有原生质毒作用。甲醛具有凝固蛋白的作用，渗透性强，作用缓慢，可与腐败蛋白质的各种中间产物和最终产物结合成无毒物质；甲酚有镇痛、腐蚀作用，与腐败脂肪的产物结合成肥皂，因此有除臭和杀菌作用。甲醛甲酚较两者单独使用有更强的杀菌、去腐和除臭作用，渗透性强。当甲醛甲酚置于髓室内时，甲醛气体很快弥散到整个根管系统中，持续时间长，但刺激性也较大，如果使用不慎，超出根尖孔，进入根尖周组织，会引起化学性根尖周炎，所以要避免用量过大，不宜持续使用。但近来有研究指出甲醛甲酚在根管内能使根尖孔周围组织凝固，形成坏死层屏障，防止药物进一步向根尖周围组织扩散。Berger 认为甲醛甲酚引起的组织化学性凝固是可逆的，可被酶水解。蛋白凝固后的干尸化组织可被肉芽组织替代，是一种有利反应，最终肉芽组织被吞噬由纤维组织替代而愈合。

【临床应用】 目前，甲醛甲酚是应用广泛效果明显的根管消毒药，多用于感染根管的消毒，如牙髓坏疽的病例，也可用作活髓。

由于甲醛甲酚具有凝固蛋白的作用，很快引起蛋白之间的交链作用（cross-linkage）而广泛用于乳牙的活髓切断术，利用其对切断面的牙髓组织发生凝固坏死，形成一层无菌性的凝固屏障，保护屏障以下的根髓组织，使其逐渐凝固、退变、吸收，维持乳牙到替换时期。

Harrison 等证明了用 5.25% 次氯酸钠和 3% H_2O_2 冲洗根管后再用甲醛甲酚封闭根管，术后疼痛的发生率和疼痛程度均比使用其他根管消毒药物明显降低。

【注意事项】 近年来有报道指出，甲醛为半抗原，与蛋白接触后成为全抗原，因其抗原性，使用时可能引起抗原抗体反应而损伤根尖周组织。

2. 樟脑对氯酚溶液（camphorated parachlorophenol, CMCP）和樟脑苯酚（camphorated phenol, CP）

樟脑对氯酚和樟脑苯酚均是微黄或粉红色油状液体，带有樟脑的特殊辛辣味。

【处方组成】

樟脑对氯酚由樟脑晶体和对氯苯酚晶体混合而成。市售的樟脑对氯酚浓度一般为 35%。处方如下：

樟脑	35g
对氯苯酚	65g

樟脑苯酚由樟脑晶体、苯酚晶体和乙醇混合而成。处方如下：

樟脑	60g
苯酚	30g
乙醇	10ml

【药理作用】 樟脑对氯酚和樟脑苯酚是非常有效的杀菌剂，抗菌谱广，杀菌力与渗透性比一般酚类更强；腐蚀性和毒性较少，对热和光的作用稳定。1891 年 Walkoff 首先将其作为根管消毒药物引入牙科，经多年临床使用，证明用于根管消毒有良

好效果，是目前广泛应用的根管消毒药。接触药物时，组织表面凝固，但此凝固层不影响药物继续向深层渗透。樟脑可降低对氯苯酚的刺激性，并能减缓氯的释放，因此可延长抗菌效果。樟脑对氯酚的作用比樟脑苯酚的作用强。

3. 樟脑氯酚薄荷合剂

【处方组成】 此合剂的处方如下：

对氯酚	4.5g
樟脑	4.9g
薄荷脑	0.6g

【药理作用】 在樟脑对氯酚中加入薄荷脑，不仅有镇痛作用，还可阻止樟脑对氯酚沉淀，并使此合剂有一定粘稠度。樟脑氯酚薄荷合剂有较强的杀菌力，不凝固蛋白，对根尖周组织有轻度刺激。

4. 麝香草酚酯（thymol spirit）

处方如下：

麝香草酚	25g
乙醇	25ml

麝香草酚酯为缓和消毒剂。麝香草酚为消毒防腐药，作用比苯酚强，但因水溶性弱，故应用受限。

5. 木榴油（creoste） 木榴油是一种酚和酚类衍生物的混合物，从木焦油分馏所得，主要含愈创木酚（guaiacol，60%～90%）。木榴油是一种清亮无色或淡黄色液体，带有辛辣的烟味，微溶于水，能完全溶于酒精中。

【药理作用】 1830年Reichenboch将其引进牙科治疗领域。当初主要用于牙髓失活。由于它有一定的杀菌力，它的消毒力量比甲醛甲酚差，但刺激作用比甲醛甲酚小，并有镇痛作用。

【临床应用】 目前主要用于感染根管的消毒。遇脓液和坏死组织等有机物质仍有消毒作用。因此，可用于牙髓和根尖周化脓性感染的消毒。

6. 丁香油（酚）（eugenol） 丁香油酚是丁香油的主要成分（80%以上）为无色或淡黄色的油状液体，具有强烈的丁香味，微溶于水，易与酒精混合。

丁香油（酚）是酚类的衍生物，具有轻度的抗菌防腐作用，也具有原生质毒作用，引起细胞蛋白沉淀。它也是一种镇痛剂，1984年Brodin和Roed证明低浓度丁香油引起可逆性神经传导阻断，高浓度则引起非可逆性神经传导阻断，因此认为丁香油酚基本上是一种神经毒药物，对活组织有较强的刺激性，使组织发生炎症反应，而它的镇痛作用往往掩盖了这种炎症反应，使之成为无症状炎症。因此，使用时，一定要严格控制用量。

7. 复方碘剂溶液 该溶液用于根管的电解消毒。

【处方组成】 常用2%或5%溶液，处方如下：

	2%复方碘溶液	5%复方碘溶液
碘	2g	5g
碘化钾	4g	10g
蒸馏水	加至100ml	加至100ml

2%和5%溶液均能有效地抗根管内的各种微生物。2%溶液细胞毒性较低，5%溶液具有轻度毒性。

临床上也常用10%碘化钾溶液作根管电解消毒。处方如下：

碘化钾	10g
蒸馏水	加至100ml

【药理作用】 利用电解原理，碘化钾离解为离子，通过电流将碘离子送到根管的远端，消毒根管壁感染的牙本质和根尖周感染组织。碘离子有较强杀菌作用。因为碘是一种强氧化剂与细菌酶的游离硫氢基作用生成二硫化物键，干扰细菌酶的代谢活性。其消毒功效比一般根管消毒药物高三倍。

【临床应用】 根管经扩大、冲洗、干燥后，隔湿，将复方碘溶液或碘化钾溶液注入根管内，将电解仪的阴极插入根管内；阳极用薄层湿纱布包裹，握在患者手中，然后接通电流，缓缓加大电流，直至患者感到轻微麻痛为止。电流量为1.5～3.0mA。按电流量与时间成反比的原则，通电时间为10～20分钟，治疗完毕后，可将药液封于根管内。

【注意事项】 复方碘制剂的主要副作用是患者偶尔出现过敏反应，使用前应询问患者的过敏史。使用后可使牙齿变色，不宜用于前牙。

8. 醋酸间甲酚酯（mefacresyl acetate） 醋酸间甲酚酯是一种无色的油状液体。具有强烈的酚的气味。

【药理作用】 醋酸间甲酚酯有杀灭真菌的作用，对其他细菌只有轻度抗菌作用。表面张力低，可以通过毛细作用弥散至整个根管系统，从而提高其效果。

醋酸间甲酚酯对发炎的活组织有镇痛作用，仅有轻度刺激性，因此被推荐为活髓摘除术或活髓切断术的术后用药。因为它比丁香油酚的刺激性小而又具有相同的止痛作用，因此，它可取代丁香油酚。

【临床应用】 醋酸间甲酚酯的消毒力较其他药物差，可用于一般需要镇痛的非感染根管或轻度感染的根管消毒。

（四）根管充填剂

根管充填是根管治疗术的最后一个治疗程序，也是一个重要的步骤。如果根管充填不严密，可能导致整个根管治疗失败。根管充填的目的是严密封闭已扩大和消毒的根管、消除死腔防止根尖周组织的渗出物流至根管内引起再感染。

根管充填所用材料多为固体材料即物理性根管充填材料如牙胶尖、银尖等。这些材料与根管形态和根管的直径不可能完全一致，因此，不能将根管严密充填，充填材料与根管壁之间都留有空隙，而且物理性根管充填材料无特殊的药理作用，因此，需辅以糊剂类根管充填剂，即用固体根管充填材料加糊剂类根管充填剂共同完成根管的严密封闭。不发生吸收的根管充填糊剂也可不与固体根管充填材料合用而单独用作根管充填。

除了糊剂类根管充填剂外，还有液体类根管充填剂，如目前在临床上广泛使用的酚醛树脂，在其液体状态时充填根管，聚合、凝固后堵塞根管，因有消毒作用，可促进根尖周病变愈合。

固体根管充填材料列入口腔材料学范畴，其内容请参阅口腔材料学有关章节。此处只介绍糊剂类根管充填剂和液体类根管充填剂。

理想的根管充填剂性能应达到的要求是：不刺激根尖周组织；不影响根尖周组织的修复功能，而且能促进根尖周组织病变的恢复；无免疫原性，不引起免疫反应；消毒作用持久，能阻止细菌的生长繁殖；易充填到整个根管系统，能完全封闭根尖孔和根管壁的牙本质小管；填入根管后发生凝固，不收缩，不留空隙；阻射X射线，能从X线片上检查根管充填情况；操作简便，必要时也容易从根管中取出；性质稳定，不使牙齿变色。

1. 糊剂类根管充填剂　糊剂类根管充填剂大多由粉与液调拌而成糊状。充填后凝固，能填满固体根管充填材料与根管壁之间的空隙。糊剂类根管充填剂的种类较多，大多含有消毒药物或促进钙化的药物。使用时临时以粉和液调配，用扩孔钻或螺旋形根管充填器将调好的糊剂送入根管内。如用扩孔钻，则以逆时针方向旋转，缓慢退出，反复数次，即可将糊剂注满根管；如用螺旋形根管充填器，只需顺时针方向旋转即可，然后将选好已消毒的牙胶尖或银尖插入根管，完成根管充填。

常用的根管糊剂有麝香草酚糊剂、钙维他糊剂和碘仿糊剂。

（1）麝香草酚糊剂：麝香草酚糊剂为含有醛的制剂，由粉、液临用时调拌而成，在24小时后逐渐硬固，游离甲醛具有杀菌作用，在适当浓度下，也能刺激根尖周组织、促进骨性封闭。主要用于感染根管治疗后的充填，常与牙胶尖和银尖合并使用。

常用处方如下：

粉	麝香草酚	33.34g
	氧化锌	66.66g
液	甲醛	20ml
	甲酚	60ml
	甘油	20ml

（2）钙维他糊剂（cavital）：钙维他糊剂是氢氧化钙的一种制剂，因氢氧化钙只有微弱的抑菌作用，常加入抑菌性药物以提高其抑菌作用，日本学者关根经过多年的临床和病理组织学研究研制出了钙维他糊剂。钙维他糊剂除了作根管充填剂外，还用作直接盖髓术和活髓切断术的盖髓剂。其处方如下：

粉末		溶液	
氢氧化钙	78.5%	丙二醇	50%
碘仿	20%	蒸馏水	49.5%
磺胺噻唑	1.4%	地卡因	0.5%
乌苷呋喃星	0.1%		

氢氧化钙是强碱性物质，抗生素在碱性环境下易被破坏，所以，钙维他糊剂中的抑菌药物不宜采用抗生素。

钙维他糊剂在生物学上，不仅对牙髓组织具有促进瘢痕愈合作用，同时促进牙槽骨、牙本质和牙骨质的形成，因此最适于根尖尚未发育完全的年轻恒牙的根管治疗。根管充填后形成新生牙本质和牙骨质封闭根尖孔。并具有抗菌和镇痛作用。

钙维他糊剂加入碘仿不仅能增强防腐作用，而

且增加了糊剂对X射线的阻射，使显影更清楚。糊剂中加入丙二醇使糊剂具有一定粘稠度便于使用。

（3）碘仿糊剂：碘仿具有防腐、防臭、止痛、减少渗出物等作用。常与氧化锌混合、以丁香油酚或樟脑酚调和，适用于渗出液较多的根管充填，常与牙胶尖合并使用，也可用作乳牙根管的单纯糊剂充填。对根尖区有较多渗出物叩痛不消失者，可在治疗过程中将碘仿糊剂封入根管中10～14天，可减少渗出。

碘仿糊剂处方如下：

处方Ⅰ

碘仿	3g
氧化锌	3.1g
丁香油酚	0.2g
凡士林	3.7g

处方Ⅱ

碘仿	5g
麝香草酚	0.3g
氧化锌	5g
樟脑氯酚合剂	4ml

2. 液体根管充填剂　液体根管充填剂目前广泛常用的是酚醛树脂塑化剂。它既可作为根管的液体充填剂，也可作为塑化根管牙髓的根管塑化剂，两者均利用了其液体状态输入根管，继之在根管内聚合的特性。根管液体充填是指根管内牙髓全部去净，并经过根管制备后，导入酚醛树脂液，待其聚合凝固，消毒并堵塞根管达到封闭根管目的；牙髓塑化治疗是导入酚醛树脂液将根管内残存的病变组织和病原体塑化、包埋固定在根管内，成为无害物质留于根管中封闭根管。进行根管液体充填，必须拔净牙髓但根管不作过分扩大。进行牙髓塑化疗法，则不强调全部拔除牙髓，拔除大部分牙髓即可。

酚醛树脂由酚类药物与甲醛在催化剂的作用下进行酚醛缩合反应，形成有一定硬度的塑化物，充填在根管中或包埋塑化根管内残留物。酚醛树脂渗透性强能渗入牙本质小管和侧支根管中，封闭这些通路，防止根管再感染。它在凝固前后均有很强的抑菌作用。在凝固前有较强的刺激作用，对软组织有腐蚀作用，因此在操作过程中应尽量避免接触软组织，也要避免流出根尖孔外。

根尖孔尚未完全形成的年轻恒牙，不宜使用酚醛树脂。酚醛树脂为红棕色，能渗透到牙本质小管中使牙本质变色，因此不宜用于前牙，以免影响美观。

酚醛树脂的处方如下：

第Ⅰ液	甲酚	12ml
	甲醛溶液	62ml
	乙醇（95%）	6ml
第Ⅱ液	间苯二酚	45g
	蒸馏水	55ml
第Ⅲ液	氢氧化钠	50g
	蒸馏水	加至100ml

酚醛树脂的主要成分是甲醛和间苯二酚。过饱和氢氧化钠作为催化剂，因其强碱性可加速树脂聚合。酚醛树脂的三种液体均有一定的保存期，不宜一次配制过多，以保持其良好性能。

临用时，取Ⅰ、Ⅱ液各0.5ml加入Ⅲ液0.12ml搅拌混匀至发热呈棕红色时，即可使用。使用时，将窝洞隔湿、吹干，用弯头注射器将新配制的酚醛树脂液滴入髓室中，或用弯头镊子夹取放入髓室中。药液的用量以达到髓室顶的平面即可。然后用光滑针或小号扩孔钻插入根管，在根管中反复作抽提动作，以便将药液充分导入根管，用小棉球吸出多余的药液，用氧化锌丁香油粘固粉及磷酸锌粘固粉双层垫底，银汞合金充填。

（乐进秋）

第十一章　牙周病用药

牙周病泛指发生于牙周组织的各种病理情况，包括牙龈病和牙周炎两大类，是最常见的口腔疾病之一。

从近代的很多研究表明，牙菌斑的积聚是引起牙周病的始动因素（initiating factor）。外源性因素，又称为局部性促进因子，能促进菌斑的积聚，增强细菌毒力，造成牙周组织损伤；内源性因素又称全身性促进因子，可使机体抵抗力减弱，导致牙周组织易感染细菌，促使牙周病的发生。针对上述情况，所以牙周病用药包括局部用药和全身用药。近来的研究指出，凡能采用周部药物治疗者，应尽量减少全身用药，为此，局部用药的种类及用药途径有了很大发展。

第一节　牙周病局部用药

一、含　漱　剂

（一）氯己定含漱剂

【处方组成】

葡萄糖酸氯己定(或醋酸氯乙定)　1.2～2g

蒸馏水加至　1000ml

矫味剂（如单糖浆）适量

【药理作用】　本品抗菌作用较强，抗菌谱广，对 G^+ 菌效佳，对 G^- 菌、真菌亦有效，即使有血清、脓液存在时仍有效。氯己定可迅速吸附于微生物细胞表面，破坏细胞膜使胞浆成分渗漏，还可抑制细菌脱氢酶的活性；高浓度氯己定可凝聚菌体的胞浆成分。本品对牙齿表面的有机、无机成分有高度亲和力，亦能抑制葡聚糖合成，故能抑制牙菌斑的形成。它能吸附于羟基磷灰石、牙表面，以及唾液的粘蛋白上，然后缓慢释放，使之较长时间停留在牙面上，发挥抑制菌斑形成的作用。

【临床应用】　本品是临床广泛应用的外用消毒剂之一。用0.12%～0.2%溶液漱口，每日2～3次每次1分钟，能有效地减少口腔内细菌数量及牙菌斑的形成，治疗牙龈炎；或用于口腔内手术后含漱，可预防感染，促进伤口愈合；久病长期卧床患者，用其漱口可防止牙龈炎与龋齿发生。0.2%溶液冲洗牙周袋治疗牙周炎。

【不良反应】　本品化学结构稳定、毒性小，几乎不被机体吸收；不易使细菌产生抗药性。此含漱剂对口腔粘膜有轻度刺激，长期使用可使牙面与粘膜着色，还可引起味觉迟钝，其醋酸盐有明显苦味。个别病例可引起口干、灼痛、口腔粘膜剥脱，但停药后可好转。

【注意事项】　使用本品时忌与阴离子表面活性剂、碘剂、盐类、甲醛、升汞、高锰酸钾等合用，以免形成低溶性盐类而沉淀。硬水中的碳酸根或硫酸根离子可与本品作用生成溶解度小的盐而产生混浊或沉淀，而降低药效。配制及贮存时忌用金属器皿，否则减弱杀菌效力。

（二）复方氯己定含漱剂

【处方组成】　含0.12%氯己定、0.02%甲硝唑。

【药理作用】　本品有相当强的广谱抑菌、杀菌作用，对 G^+ 及 G^- 细菌均有效。体外实验证明本品对龈炎、牙周炎，牙菌斑和唾液中的牙周病原菌有明显抑制作用，用本品漱口每日3次，10天后，牙颈缘菌斑涂片中螺旋体和杆菌比例明显下降。培养检查表明，本品含漱10天后，5种主要可疑牙周致病菌（如产黑色素类杆菌等）的检出明显下降。

【临床应用】　对龈炎、冠周炎具有显著疗效，明显优于多贝尔溶液，对牙周炎虽未观察到牙周袋深度的改变，但能改善牙龈状况抑制牙菌斑，缓解牙周炎症。

【不良反应】　个别病例含漱后口腔有微热感或轻微刺激感，可很快消失。

（三）甲硝唑溶液

【处方组成】　甲硝唑　5g

羟苯乙酯　0.3g

薄荷醑　5ml

蒸馏水　加至1000ml

【药理作用】 抗厌氧菌感染，对牙周病致病菌如产黑色素类杆菌、牙龈类杆菌、中间型类杆菌、核梭杆菌、韦荣球菌等均有明显的抑菌杀菌作用。当甲硝唑溶液在口腔浓度达0.025mg%时，即能抑制牙周常见厌氧菌；当浓度达3.125mg%时，还可抑制放线菌。

【临床应用】 用甲硝唑溶液漱口，每日2～3次，可控制牙菌斑，防治牙龈炎、牙龈出血、口臭等。

二、牙周袋用药

（一）碘甘油

【处方组成】

	处方1	处方2
碘	10g	20g
碘化钾	10g	20g
蒸馏水	10ml	20ml
甘油	加至100ml	1000ml

【药理作用】 防腐、收敛和轻微刺激作用。

【临床应用】 治疗牙龈炎、牙周炎、冠周炎等。冲洗牙周袋（龈袋），擦干后，用探针蘸药液送入牙周袋（龈袋）内，然后用干棉球擦去多余药液，避免刺激邻近粘膜组织。本剂也可给病人自用。

【注意事项】 配制本品时，碘化钾为助溶剂，以保证碘的全溶，如溶液中有固体碘存在，则对粘膜的腐蚀性很大。本品若再稀释，可酌加甘油，不宜加水，以免增加刺激性。

（二）复方碘化锌甘油（台氏溶液）

【处方组成】 碘　10g
碘化锌　8g
甘油　55ml
蒸馏水　加至100ml

【药理作用】 为收敛性消毒药。碘为防腐剂，锌离子有收敛作用，可腐蚀上皮和肉芽组织。

【临床应用】 用于牙龈炎、牙周炎、冠周炎，可腐蚀窦道上皮和肉芽组织。

【注意事项】 涂于龈袋，或用器械蘸取少量药液置于牙周袋或牙龈窦道内。

（三）浓碘甘油溶液（改良台氏溶液）

【处方组成】 碘　30g
碘化钾　18g
蒸馏水　8ml
甘油　40ml

【药理作用】 碘能使蛋白质变性，具有杀菌防腐、收敛和轻微腐蚀作用。

【临床应用】 用于治疗牙龈炎、牙周炎、冠周炎等。

【注意事项】 碘具腐蚀性，避免多余药液烧灼牙龈及口腔粘膜。

（四）碘苯酚液

【处方组成】 碘　40g
苯酚　40g
碘化钾　20g
甘油　20g
蒸馏水　适量

【药理作用】 消毒防腐剂。本品对口腔软组织有强烈腐蚀性，用以腐蚀牙周、冠周盲袋内壁上皮组织。

【临床应用】 用于处理牙周炎、冠周炎的袋内壁，也可用于消除牙本质过敏。使用时应隔湿，擦干牙龈，用探针蘸少许药液置于盲袋内或牙龈窦道内，再以刮匙刮除盲袋内肉芽组织。

【注意事项】 本品腐蚀性极强，易溶于乙醇，故可用乙醇棉球擦去牙龈上的多余药液，以免腐蚀牙龈。

（五）过氧化氢溶液

常用3%与1%的过氧化氢溶液。

【药理作用】 参见第九章消毒防腐药有关内容。

【临床应用】 用于坏死性龈口炎、牙周炎、冠周炎、感染根管等。3%的溶液可冲洗龈袋、牙周袋、感染根管；1%的溶液作为漱口剂。对于局限性的顽固龈炎可用氧化疗法：取30%过氧化氢10滴置于小杯内，加5%苏打水1滴以中和其酸度，用小棉球蘸取药液压于发炎的牙龈上，造成一过性缺血和被动充血，以改善炎症组织的代谢状况，促进炎症消退。如此重复2～3次，即完成一次治疗，每周进行两次。

【不良反应及注意事项】 本溶液呈酸性，长期使用可造成牙面脱钙产生黑舌等弊端。用3%溶液行根管冲洗时，不可用力过大，在根管狭窄时尤应注意，否则因产生过多的气泡并溢出根尖孔外，造成对根尖周组织的刺激，引起剧痛和肿胀。

附：碘氧治疗剂

【处方组成】 3%过氧化氢溶液 1～2ml
碘化钾 适量

【药理作用】 本制剂有抑菌、消炎、收敛作用。

【临床应用】 取米粒大小碘化钾晶体，加入3%过氧化氢溶液1～2ml，立即产生大量新生态氧、析出碘分子和氢氧化钾，以此注入牙周袋、龈袋内，可腐蚀坏死组织，并使其随气泡排出。变化过程中还产生大量热能，可促进局部血运，增进炎症痊愈。本制剂对盲袋内溢脓者尤为适用。亦可先将碘化钾细粒置入牙周袋内，再以过氧化氢液冲洗。

【注意事项】 操作时，多余的溶液应以干棉球随时吸去，并应防止药液从注射器内喷出，污染衣物。

（六）甲硝唑棒

【处方组成】 甲硝唑 22g
羧甲基纤维素钠 适量
淀粉 适量
蒸馏水 适量

【药理作用】 本品是以对厌氧菌有特异性抑菌作用的甲硝唑为主药，淀粉和羧甲基纤维素钠为载体，插入牙周袋内消化溶解，缓慢释放药物，治疗牙周炎。体内抑菌试验结果表明，用药棒后，牙周袋内的产黑色素类杆菌、口腔拟杆菌以及具核梭杆菌等完全消失或明显减少。体外抑菌试验证实，本品对产黑色素类杆菌的最低抑菌浓度和最低杀菌浓度均小于0.125ng/ml，对具核梭杆菌的最低抑菌浓度和最低杀菌浓度为1ng/ml，可见本品可抑制或杀灭那些与牙周炎关系密切的厌氧杆菌，改善局部菌群失调，恢复生态平衡，从而控制牙周炎症。其最大特点是用药量少，局部药物浓度大，维持时间较长，据计算，用药后其袋内药物浓度约比口服甲硝唑后龈沟液浓度大80倍以上，而且只是口服给药量的1/600。

【临床应用】 牙周炎、牙周脓肿、冠周炎。以镊子夹药棒将其完全插入牙周袋或龈袋内，1～2日一次。若对患牙行洁治、根面平整、牙周冲洗等牙周基础治疗后，再使用本药棒，疗效更佳。

【不良反应】 本品为局部用药、药量小，对全身无明显毒副反应。局部应用时仅有苦味感。

三、其他局部用药

（一）牙周塞治剂

【处方组成】 粉剂 氧化锌 255g
松香粉 255g
鞣酸 15g
酸洗石棉 1g
液剂 丁香油 适量

【药理作用】 氧化锌有轻度杀菌作用，丁香油杀菌、安抚镇痛；丁香油与氧化锌、松香及石棉纤维作用固化后，具有凝合粘附性和坚韧性；鞣酸有较强的收敛和消毒作用。

【临床应用】

（1）保护创面 用于牙周袋刮治术、翻瓣术以及牙龈切除术后，作为保护创口的敷料，免受外来刺激（如食物、微生物的侵袭）。本品还有消毒、止痛、止血作用，这些均有利于创口的愈合。

（2）脱敏作用 对于牙颈部过敏者，采用本塞治剂塞治3～7天，可使过敏症状明显降低，其机制可能是塞治剂的消炎、镇痛作用。

（3）止血作用 对于严重牙周源性出血，可用塞治剂填入压迫止血。

（4）扩大牙周袋 将塞治剂填入牙周袋或紧压牙龈边缘，使牙龈退缩，进而暴露龈下结石或根面龋，以便手术操作。

（5）使用方法 临用时，取适量粉剂及液剂调成糊剂，局部隔湿，创面止血后，将塞治剂复盖创面，用乙醇棉球（或湿棉球）轻压，使其贴合创面，并使表面光滑，数分钟后即可硬固。

【注意事项】 填塞牙周塞治剂时不必用过大压力，填塞完毕后，应使塞治剂不妨碍咬骀，不影响口腔及舌运动。

（二）枸橼酸溶液

【药理作用】 50%溶液，酸性，pH为1，能降解牙根面的内毒素，并使根面牙本质脱钙，为新胶原的附着提供基础，诱导牙骨质新生，并有一定的抗菌作用。

10%的枸橼酸和3%三氯化铁的混合水溶液能轻微脱矿，去除牙本质表面的玷污层，又不酸蚀刻扩大牙本质小管，不除去管塞，有利于复合树脂对牙面的粘接。

【临床应用】 用于牙周手术中的根面处理。隔

离唾液，擦干创面血液，用浸透50%枸橼酸溶液的棉签或小棉球，放于牙根表面，涂擦根面，约30秒钟更换一次，酸处理时间为2～3分钟，然后用生理盐水冲洗干净。

【注意事项】 酸处理前应先作机械性的根面平整，去除病理性牙骨质。牙周袋之根面若已呈高矿化性变，应加强酸处理，处理时间延至3～4分钟，才能让根面容易获得新附着。使用时避免枸橼酸与周围其他组织接触，因酸会延迟骨修复，并使龈瓣软组织呈烧灼性肉芽肿样损害，造成愈合延迟，因此，酸处理根面后应立即用生理盐水反复冲洗，以减少对周围组织的刺激。酸处理后的牙根面，应由龈瓣完全覆盖，避免直接暴露，以免引起牙本质过敏。

第二节 治疗牙周病全身用药

一、抗微生物药

（一）四环素类（见第二章第一节）

（二）螺旋霉素（spiramycin）

本品经乙酰化，成为乙酰螺旋霉素（acetyl spiramycin），吸收改善，性质也较稳定。

【药理作用】 为大环内酯类抗生素，对G^+菌抑菌力强，对G^-菌也有一定疗效；对葡萄球菌、化脓性链球菌、肺炎链球菌、脑膜炎球菌、淋球菌、白喉杆菌、支原体、梅毒螺旋体有抗菌作用。它能有效地抑制变形链球菌、粘性放线菌、产黑色素类杆菌及螺旋体。药理检验表明，口服100mg或200mg，2小时血药浓度达峰，分别为0.8μg/ml和1μg/ml；服药后龈沟液内药浓度较血液高出10倍，在唾液腺及骨中储存时间长达3～4周，释放缓慢，极有利于对牙周病的治疗。

【临床应用】 牙周急性炎症，牙周溢脓、牙周脓肿，急性牙龈炎及牙龈出血者，疗效显著。剂量为口服每次200mg，每日4次，连续5～6天为一疗程。

【注意事项】 本品与其他大环内酯类抗生素有较密切的交叉耐药性。

（三）罗红霉素（roxithromycine）

新一代大环内酯类抗生素，是罗红霉素9位酮基由0-1（2-甲氧乙氧基）-甲基1肟取代的衍生物。

【药理作用】 作用于G^+菌、厌氧菌、衣原体和支原体等。体外抗菌作用与红霉素相似，体内抗菌作用比红霉素强1～4倍。口服0.3g后，吸收较好，达峰时间1.42±0.25小时，峰浓度5.74±0.80mg/L，分布较广，肺、扁桃体等组织浓度较高，消除半衰期为13.5±1.58小时。本品主要以原形药物从粪便中排出。

【临床应用】 牙源性感染，耳鼻喉感染及上、下呼吸道感染等。

成人口服每次0.15g，每日2次；24～40kg的儿童，每次0.1g，每日2次；12～23kg儿童，每次50mg，每日2次。

【不良反应】 可具胃肠道反应，如恶心、呕吐、腹痛、腹泻、皮疹、肝功能异常等。

【注意事项】 对本品过敏者禁用，禁忌与麦冬胺及二氢麦角胺配伍。肝功能不全，孕妇、哺乳期妇女慎用。

（四）甲硝唑、替硝唑（参看第二章第二节）

二、非甾体类抗炎药物

（一）布洛芬（参见本篇第三章第二节）

（二）吲哚美辛（参见本篇第三章第二节）

（三）布洛芬缓释胶囊

布洛芬缓释胶囊（ibuprofen sustained release capsules）又名芬必得（Fenbid）。

【药理作用】 任何形式的组织损伤都能激活磷脂酶A_2，从膜磷脂上游离出花生四烯酸，在环氧化酶的作用下产生前列腺素。后者具有强烈的致炎活性，除炎症反应加剧可直接刺激骨吸收外，它还能协助淋巴细胞产生破骨细胞激活因子（OAF），使破骨细胞增殖，进一步导致骨吸收。布洛芬是有效的环氧化酶抑制剂，具有解热、镇痛及抗炎作用。

服用本品后，2～3小时血药浓度达到峰值，血浆半衰期约为4～5小时，血药浓度波动较小。

【临床应用】 用于牙周炎、冠周炎、根尖周炎及颌面部手术后疼痛。成人每日服2次，每次1～2粒（每粒含布洛芬300mg），晚间服药可使疗效保持一夜。

【注意事项】 活动期消化道溃疡及对本药物过敏者禁用；有支气管哮喘病史者，可能会引起支气

管痉挛；心功能不全、高血压患者以及孕妇、哺乳期妇女慎用。

（四）双氯芬酸钠缓释胶囊

双氯芬酸钠缓释胶囊（delayed release capsules diclofenac soduim）又名英太青（Antine）。

【药理作用】 是一种新型强效消炎镇痛药，可选择性切断花生四烯酸代谢系列中环氧化酶的作用环节，阻断前列腺素 E_2 的合成。健康男性青年口服100mg后，达峰时间为3.79小时±1.14小时，峰浓度733.14ng/ml±244.03ng/ml，消除半衰期为4.36小时±1.77小时，每日口服二次，每次50mg的稳态血药峰浓度为292.99ng/ml，稳定血药谷浓度为27.03ng/ml。

【临床应用】 牙周炎急性期消炎、镇痛效果好；也用于面痛、手术后疼痛、风湿与类风湿疾病等。口服每次50mg，每日2次。

【不良反应】 可有头痛、眩晕及胃肠道症状、血转氨酶升高；偶见皮疹、消化道溃疡或胃肠道出血。

【注意事项】 对本品过敏者禁用，本品可引起哮喘、荨麻疹或其他变态反应疾病；孕妇及哺乳期妇女不宜使用；消化道溃疡、血液系统异常、肝肾功能损害、高血压、心脏疾患等酌情慎用。

三、止血、镇痛药——独一味

独一味（lamiophlomis rotata benth kudo）为唇形科独一味属植物独一味的根及茎或全草提取制成的片剂，含黄酮类、皂甙、甾醇、碱性成分、挥发油、氨基酸和微量元素等。

【药理作用】 实验证明，本品有较好的阵痛作用，可以明显使痛觉阈值升高。动物实验证明，可使小鼠外周血血小板数升高，促进其骨髓细胞增殖，故具有明显的止血作用。临床试验认为其镇痛效果优于去痛片和三七片，其止血效果优于维生素K。对乙型溶血性链球菌和产气杆菌有抑制作用，并可提高机体的免疫作用。

【临床反应】 龈炎、牙周炎引起的出血、疼痛等，也用于颌面外科拔牙后出血，伤口疼痛等。

口服，每次3片（每片含0.3g），一日3次，一周为一疗程。

【注意事项】 孕妇慎用。

（曾光明）

第十二章　口腔粘膜病用药

口腔粘膜病（oral mucosal diseases）是指发生在口腔粘膜与软组织上的多种疾病。因其病理损害主要在口腔粘膜的区域，所以药物治疗中局部用药非常必要。但口腔粘膜病的病因包括局部因素与全身因素，而全身因素显得更为重要和突出，因此，全身用药占有重要地位。

第一节　局 部 用 药

口腔粘膜病局部用药可增大局部病损区的药物浓度，提高疗效，也避免了全身用药导致的副作用。但由于口腔局部的环境特殊，局部用药易被唾液稀释、冲走，很难保持局部长时期的高浓度，其中仅口腔粘附片、凝胶、缓释药膜等剂型能在局部病损区保持较长时间，维持较高的药物浓度，因而是局部用药较为理想的剂型。

一、溶　液　剂

（一）氯己定溶液（参看本篇第十一章第一节）

（二）复方硼砂溶液（多贝尔溶液）

【处方组成】　硼砂　15g
　　碳酸氢钠　15g
　　液化苯酚　3ml
　　甘油　35ml
　　蒸馏水　加至1000ml

【药理作用】　为碱性的温和含漱剂，有抗菌、防腐、消毒和清洁作用。硼砂遇甘油后，生成一部分甘油硼酸，遇碳酸氢钠发生气泡、生成甘油硼酸钠。液态酚和甘油硼酸钠均有消毒作用。

【临床应用】　口腔炎、咽炎、扁桃体炎，用时加水5倍稀释后含漱，每日4～6次。

（三）1/500高锰酸钾溶液

【药理作用】　参见第九章第六节

【临床应用】　口腔厌氧菌感染如坏死性龈口炎、坏疽性口炎等，含漱或清洗口腔，每日4次，也可用于冲洗伤口。

【不良反应】　多次含漱可使舌粘膜或牙龈染色。

【注意事项】　本品应新鲜配制，久置可失效，并应避光保存。

（四）呋喃西林溶液

【处方组成】　呋喃西林　0.2g
　　氯化钠　8.5g
　　苯甲酸钠　1g
　　蒸馏水　加至1000ml

【药理作用】　局部抗菌药。能干扰细菌氧化酶系统而发挥抑菌或杀菌作用。对多种革兰阳性及阴性细菌有效。

【临床应用】　含漱治疗口腔炎；对于有肿胀，渗出的唇炎可局部湿敷，还可消毒清洗创面。

（五）依沙吖啶溶液（利凡诺溶液）

【处方组成】　依沙吖啶乳酸盐　1g
　　硫代硫酸钠　0.1g
　　蒸馏水　加至1000ml

【药理作用】　乳酸依沙吖啶是一种碱性染料，为色素抗菌剂，能抑制G^+和少数G^-细菌的繁殖，在治疗浓度时对人体组织无毒，无刺激性。

【临床应用】　含漱治疗口炎、龈炎，控制感染及保持口腔清洁的作用。对于急性唇炎有渗出者，可局部湿敷，还可清洗创面。

【注意事项】　本品性质不稳定，遇光渐变褐色，有毒性，宜新近配制；本品忌与含氯溶液，氧化物、升汞、苯酚、碘制剂，碱性药物等配伍。

（六）芳香含漱剂

【处方组成】　麝香草酚　0.03g
　　薄荷油　2滴
　　95%乙醇　10ml
　　甘油　8ml
　　橙皮酊　2ml
　　蒸馏水　250ml

【临床应用】　有芳香防臭作用，用于口臭患者，含漱。

（七）2%～4%碳酸氢钠含漱剂

【药理作用】　本品为碱性含漱剂，能消除分解

产酸的残留凝乳或糖类，也能中和口腔内异常发酵产生的酸性物质，使口腔成为碱性环境阻止念珠菌的生长和繁殖。

【临床应用】 口腔念珠菌感染或其他真菌感染。

（八）苯佐卡因含漱剂

【处方组成】	苯佐卡因	0.5g
	甜杏仁乳	2g
	西黄芪胶	2g
	蒸馏水	加至 100ml

【药理作用】 苯佐卡因不溶于水，有止痛作用，且持久。

【临床应用】 各种因口腔溃烂引起的疼痛。临用时，按1:10比例加入温水中含漱。

（九）人工唾液

【处方组成】	羧甲基纤维素	10g
	山梨醇	30g
	氯化钾	1.2g
	氯化钠	0.84g
	氯化钙（含水）	0.15g
	氯化镁（含水）	0.05g
	磷酸氢钾	0.34g
	蒸馏水	加至1000ml

【临床应用】 本品含羧甲基纤维素、多种电解质与水分，用于口腔干燥症患者，根据需要滴入口腔内。

二、糊 剂

（一）金霉素倍他米松糊剂

【处方组成】	盐酸金霉素粉	0.25g
	倍他米松	1.5mg
	甘油	5ml

【药理作用】 抗菌、消炎。

【临床应用】 复发性口疮、球菌性口炎、糜烂型扁平苔藓等，局部涂擦，每日3次。具有抗菌、消炎、促进愈合的作用。

【注意事项】 禁止用于真菌性口炎。

（二）地塞米松糊剂

【处方组成】	地塞米松粉	2.25mg
	甘油	5ml
	珍珠粉	适量
	薄荷油	适量

【药理作用】 抗炎，减轻充血，降低毛细血管通透性，抑制炎性细胞向炎症部位移动。本品局部应用可避免长期全身使用皮质激素产生的副作用。

【临床应用】 阿弗他溃疡，糜烂型扁平苔藓、创伤性溃疡、过敏性口炎等，局部涂擦，每日3次，可消炎，促进溃疡愈合。

【注意事项】 真菌性口炎禁用。

（三）制霉菌素糊剂

【处方组成】	制霉菌素粉	50万单位
	甘油	10ml

【药理作用】 参看第二章第三节。

【临床应用】 真菌性口炎，如因白色念珠菌感染引起的雪口症等。局部涂擦，每日3次。

（四）维甲酸糊剂

【处方组成】	维甲酸	10mg
	甘油（或鱼肝油）	10ml
	珍珠粉	适量

【药理作用】 细胞培养和动物实验显示：维甲酸类药物是基因表达、尤其是与细胞分化有关的基因表达的强力调节剂，因此，它们可能有助于口腔粘膜癌前病变的治疗。维甲酸减少上皮棘细胞层中角蛋白前期物质的数量，抑制弹力纤维丝的合成，从而减弱角质细胞粘连性，使其易于脱落，抑制粘膜上皮的过度角化。

【临床应用】 口腔粘膜白色角化病，口腔粘膜白斑，口腔扁平苔藓（斑块型）。局部涂擦，每日三次。

【注意事项】 先拭干病损区，以棉签蘸取糊剂涂于白色损害区。粘膜充血与糜烂区不能使用，否则会因药物的刺激加重炎性反应，并引起疼痛。

三、口 含 片

（一）溶菌酶含片

组成 由鸡蛋清中提取的多肽酶制成，每片含溶菌酶20mg。

【药理作用】 溶菌酶为粘多糖水解酶，可促使细胞壁中粘多糖分解，溶解细菌细胞壁，有抗菌、消炎、止痛、消肿，加强组织恢复的功能。

【临床应用】 用于各种口腔溃疡，每2～3小时含化一片。

（二）西地碘含片

【药理作用】 本品是碘与药物载体形成的分子

态分散碘，减弱了碘的刺激性，使其稳定性增强。它具有碘分子特有的高效、低毒、广谱杀菌的特性。研究证明，西地碘片对厌氧菌、需氧菌和真菌均有良好的杀灭性能。其杀菌机制是卤化菌体蛋白，故不会产生耐药菌株。本品无刺激且有收敛作用，可减少口腔溃疡的继发感染，促进溃疡愈合。

【临床应用】 各种口腔溃疡、糜烂。每次含化1片，每日3次。

（三）克菌定含片

组成 主药为地喹氯胺（克菌定），另有薄荷油，香格兰素、香蕉香精等。

【药理作用】 克菌定为阳离子表面活性剂，对G^+、G^-菌，白色念珠菌、螺旋体等均有杀灭作用。

【临床应用】 口腔消毒防腐药，用于急性咽喉炎、各种口炎、牙龈炎等。含化，每次1～2片（每片含地喹氯胺0.25mg），每日数次。

【注意事项】 本品遇光易变质，应密闭、避光保存。

四、膜 剂

本剂型的特点在于它在水浸后能成为溶胶，牢固地粘附在潮湿的口腔粘膜病损区，由于动力学的渗透原理，膜剂内的药物则能缓慢释放，达到局部的高浓度，进而增加和延长了治疗作用。

（一）复方四环素膜

【处方组成】	盐酸四环素	10mg
	盐酸丁卡因	3mg
	醋酸泼尼松	1mg
	氢溴酸樟柳碱	0.2mg
	聚乙烯醇	适量
	糖精	适量
	蒸馏水	适量

【药理作用】 四环素、泼尼松、丁卡因具有抗菌、消炎、镇痛作用，樟柳碱可扩张局部微血管，改善局部微循环，促进溃疡愈合。

【临床应用】 局部贴用，每日3次。用于复发性口疮、糜烂型扁平苔藓、球菌性口炎、药物过敏性口炎、天疱疮、类天疱疮的口腔损害等。

【注意事项】 禁用于因念珠菌或其他真菌引起的口腔损害。本品遇水、遇光、遇热易变质，应放于低温干燥、避光处。

（二）复方维生素膜

【处方组成】	浓维生素A、D滴剂	10 mg
	维生素E	5mg
	氢溴酸樟柳碱	0.2mg
	聚乙烯醇	适量
	糖精	适量
	蒸馏水	适量

【药理作用】 具有改善口腔粘膜微循环、活血化瘀，从而改善口腔粘膜营养代谢，促进口腔粘膜正常角化，消除口腔斑纹损害，防止异常角化及粘膜癌前病变等。

【临床应用】 口腔粘膜白色角化病，口腔粘膜白斑，口腔扁平苔藓和盘状红斑狼疮的口腔损害等。据损害大小，剪下药膜，直接贴于病损区，每日3～4次。

【注意事项】 本品遇水、热、光易变质，应贮存于低温、干燥、避光处。

五、散 剂

复方氯己啶散

【处方组成】	醋酸氯己啶	50g
	醋酸倍他米松	0.3g
	次碳酸铋	50g

【药理作用】 杀菌、消炎、收敛。

【临床应用】 口腔粘膜溃疡，如复发性口疮，糜烂型扁平苔藓、创伤性溃疡等。

六、粘 附 片

粘附片采用药用高分子材料的生物粘附，对口腔粘膜病损区附着性增大，粘附力较强，由于唾液的湿润使粘附片膨胀而形成柔软的薄膜，长时间停留于口腔局部，一方面保护患处，另外，更使其中的有效药物在局部形成较长时间的高浓度，进而增强了治疗作用。它是口腔粘膜病局部用药的一种缓释剂型。

（一）醋酸地塞米松粘贴片（dexamethasone acetate adhesive tablete）

【处方组成】	醋酸地塞米松	0.3mg
	羟丙基甲基纤维素	适量
	缓释辅料	适量

【药理作用】 地塞米松具有抗炎、抗过敏作用，在患处被粘膜组织吸收后，可抑制局部血管的

渗透性，降低毛细血管扩张，并使白细胞浸润与吞噬作用减弱，从而促进炎症消退、糜烂愈合。本品还具有高分子材料的生物粘附性，对病损区附着性好，故能保护患区，缓慢释放有效药物，使局部药物维持长时间、高效力。

【临床应用】 用于口腔粘膜充血、糜烂、溃疡等非特异性病损，如复发性口疮，糜烂型扁平苔藓、药物过敏性口炎等。将片剂的白色面贴于病损处，用手指轻压10～15秒。常用量每次1～2片，每日不超过8片。

【不良反应】 本品无疼痛刺激，对粘膜无副作用，无体外细胞毒作用，但大面积长期使用亦能产生全身性不良反应。

【注意事项】 各种真菌性口炎禁用；严重高血压、糖尿病、胃与十二指肠溃疡、青光眼等患者慎用；本品不宜大面积长期应用。

（二）麦斯特粘附片

主药甲硝唑，高粘度的药用辅料为载体，是一种缓释制剂。

【药理作用】 对粘膜的粘附性能好，可在口腔粘膜上粘附长达3～4小时，起到机械屏障作用，具有减轻疼痛、抗菌、消炎、促进溃疡愈合等作用。

【临床应用】 复发性口疮、急性坏死溃疡性龈炎等。以干燥手指或小镊子置本粘附片于患处，轻压数秒钟后，并使片剂外面湿润即可，每日3次。

七、凝　　胶

凝胶是高分子亲水性粘胶剂，其中的粘附基质可将其牢固持久地粘附于口腔粘膜病损区，形成薄膜，既可保护创面，还可使其中的有效药物在病损区达到较长时间的高浓度，增加药物的治疗作用，是一种较为理想的局部缓释药物。甘美达凝胶（kamistad-gel）含洋甘菊花酊、盐酸利多卡因、麝香草酚等，具有抗菌、消炎、镇痛、促进伤口愈合等作用。素高捷疗口腔膏（solcoseryl dental adhesive paste）含有幼牛血液的低分子透析物，可加速组织修复，促进溃疡愈合。

曲安奈德软膏（康宁乐口内膏　kenalog in orabase）。

组成　含0.1%曲安奈德及明胶、果胶、羟甲基纤维素钠与塑胶基质等。

【药理作用】 有显著抗炎、止痛及抗过敏作用。

【临床应用】 复发性口疮、糜烂型扁平苔藓、创伤性粘膜血疱、剥脱性龈炎等。将本品少许涂抹患处，使其完全覆盖而成一薄层，每日2～3次，餐后使用。

【不良反应】 本品用量很小，一般无全身不良反应，若长期过量使用可出现乏力、头晕等。

【注意事项】 由真菌、病毒、细菌引起之口腔疾患不宜使用。若出现刺激症状与过敏反应应立即停药。

八、喷　雾　剂

外用重组牛碱性成纤维细胞生长因子（融合蛋白）喷雾剂为一种新型的生物制剂。

【药理作用】 重组牛碱性成纤维细胞生长因子是一种多功能细胞生长因子，对来源于中胚层和外胚层的细胞（如上皮细胞、成纤维细胞、血管内皮细胞）具有促进修复和再生的作用。实验表明，本品能促进毛细血管再生，改善局部血液循环，加速创面愈合。

【临床应用】 口腔粘膜各种溃疡损害，如创伤性溃疡、阿弗他溃疡、放射性溃疡等；颌面部各种新鲜创面，如外伤、刀伤、冻伤、激光创面以及供皮区创面等。

用法：将药液直接喷于清创后的伤患处，按溃疡面积大小给药，以150AU/cm^{2}为宜，每日3～4次，每喷出一次的药量约含300AU。

【注意事项】 ①勿将本品置于高温或冰冻环境中，应避光贮存于2～8℃，有效期仅一年。②本品为无菌包装，用后应立即盖上喷头盖。③高浓度的碘酊、酒精、过氧化氢、重金属等蛋白变性剂可影响本品活性，因此应在常规清创后，再以生理盐水冲洗患区后再使用本品。

九、皮质激素混悬液

【处方组成】 氢化泼尼松（prednisolone）25mg，或曲安缩松（triamcinolone）20mg加1ml 2%普鲁卡因或2%利多卡因。

【药理作用】 氢化泼尼松或曲安缩松属糖皮质激素类药物，抗炎作用强。曲安缩松抗炎与抗过敏作用持久。

【临床应用】 腺周口疮，糜烂型扁平苔藓，湿疹糜烂型唇炎。局部注射，每周一次，可促进愈合，减轻疼痛。

第二节 全身用药

口腔粘膜病是较常见的口腔疾病，其病因复杂，包括微生物（细菌、真菌或病毒）感染，内分泌功能紊乱、神经精神因素、微量元素或维生素缺乏、免疫功能紊乱等，而有一些口腔粘膜病病因至今不明，所以全身用药多种多样，包括抗生素、抗真菌药、抗病毒药、抗焦虑药、微量元素，各种维生素、性激素、免疫调节剂等等。这些药物有很多已在前面的章节介绍过了，本节仅将微量元素类和其他药物加以描述。

一、微量元素类

微量元素是人体所必需的。它具有一定的生理功能。有的口腔粘膜病，如复发性口疮与缺锌有关。硒是谷胱甘肽过氧化酶的辅助因子，人体需要微量的硒，以使该酶得以合成，以便进一步消除H_2O_2。硒可刺激机体免疫球蛋白和抗体的产生。施尔康含有多种维生素和微量元素，而善存，在此基础上还含有硒。

（一）硫酸锌（zinc sulfate）

【药理作用】 锌对于维持机体的生理功能有重要作用。锌能维持上皮细胞的正常生理功能，控制上皮细胞过度角化，维持上皮组织的正常修复，对成纤维细胞的增生、上皮形成、胶原合成都很重要。锌是淋巴细胞的一种非特异性有丝分裂原，可使其有丝分裂增加，使T细胞增多，活性增强，从而对人体的免疫起到调节作用。锌还有维持人体各种屏障的正常功能、发挥防御感染的作用。在体内，锌广泛参与酶的活动，它是许多重要的酶如碳酸酐酶、碱性磷酸酶等的成分，是人体不可缺少的微量元素之一。锌是RNA多聚酶及转录酶的重要辅助因子，可维持血中维生素A水平，促进维生素A的应用，并有抗菌、消炎作用。部分复发性口疮病人由于缺锌引起细胞免疫缺陷，补充锌后，血清锌达到正常，免疫球蛋白含量及淋巴细胞转换率都有升高，口疮好转。

儿童的智力及生长发育与锌有关，缺锌的儿童可引起味觉、嗅觉减退或丧失。

【临床应用】 复发性口疮、地图样舌炎、味觉减退等。口服，一日量200～300mg，分三次服用。0.01%硫酸锌溶液可湿敷唇疱疹，每日2次（锌可抑制HSV-1的DNA聚合酶）。

【不良反应】 本品内服的副作用常见为消化道反应，如食欲减退、恶心、呕吐、腹痛、腹泻等，如血清锌不超过150μg/dl，则无毒性反应。

（二）硫酸亚铁（ferrous sulfate）

【药理作用】 铁是人体所必需的元素，它是红细胞合成血红素必不可少的物质。吸收到骨髓的铁，进入骨髓幼红细胞，聚集到线粒体中，与原卟啉结合形成血红素，后者再与珠蛋白结合而成血红蛋白，进而发育为成熟的红细胞。缺铁时，血色素生成减少，但红细胞增殖能力和成熟过程不受影响，致使每个红细胞中血红蛋白减少，红细胞体积比正常小，成为缺铁性贫血，又称低色素小细胞贫血。

铁盐以Fe^{2+}形式在十二指肠和空肠上段吸收，进入血循环后，Fe^{2+}被氧化为Fe^{3+}，再与转铁蛋白结合成血浆铁，转运到肝、脾、骨髓等贮铁组织中去，与这些组织中的去铁铁蛋白结合成铁蛋白而贮存。

【临床应用】 治疗缺铁性贫血。缺铁性贫血可导致萎缩性舌炎及普-文综合征（Plummer-Vinson syndrome）。口服硫酸亚铁，成人每次0.3～0.6g，一日三次，饭后服用，小儿每次服0.1～0.3g，每日三次。用药一周左右，即见网织红细胞增多，血红蛋白增加，约4～8周可恢复正常。由于恢复体内正常贮铁量需较长时间，故对重度贫血者需连续用药数月。

【不良反应】 对胃肠道粘膜有刺激性，可致恶心、呕吐、上腹痛等，餐后服可减少胃肠道反应。铁与肠道内硫化氢结合，生成硫化铁，使硫化氢减少，减弱了对肠蠕动的刺激作用，可致便秘。大量口服可致急性中毒，出现胃肠道出血、坏死，严重时可引起休克。

【注意事项】 稀盐酸可促使Fe^{3+}转变为Fe^{2+}，有助于铁剂吸收，对胃酸缺乏者尤适用。维生素C为还原性物质，能防止Fe^{2+}氧化而利于吸收。含钙、磷酸盐、鞣酸药物，抗酸药和浓茶均可使铁盐沉淀，妨碍其吸收。铁剂与四环素类可形成络合

物，互相妨碍吸收。

附：力蜚能（Niferex）

组成 本品为多糖铁复合物（polysaccharid-iron complex）

【药理作用】 多糖铁复合物呈分子状态，无铁离子对胃肠粘膜的刺激作用，含铁量高。它能以分子形式被吸收，生物利用度高，吸收率高于硫酸亚铁，无明显副作用。

【临床应用】 同硫酸亚铁。由于对胃肠粘膜无刺激，在临床上比硫酸亚铁有更高的实用价值，可迅速提高机体血色素水平。

二、其他全身用药

（一）氯喹（chlorquine）

【药理作用】 口服后，肠道吸收快而充分，仅8%经粪便排出，服药后1～2小时血浓度即达峰值，$t_{½}$为48小时，能贮存于内脏组织中，可在红细胞内浓集，大部分在肝内代谢，排泻较慢，作用持久。本品是一种亲溶酶体药，其主要作用可能是稳定溶酶体膜，减少溶酶体酶的释放，减弱抗体对抗原的吸附能力。它能损伤ATP依赖的膜相关的质子泵功能，防止细胞核内体和某些其他胞浆部分的酸化，从而干扰抗原呈递细胞（如朗格汉斯细胞）的功能。本品也具有抗组织胺与免疫抑制作用，能抑制血管渗透性亢进，近来还证明它能抑制前列腺素的合成，从而减轻细胞的死亡或局部组织坏死，消除炎症。此外，本品虽不能发挥有效的光屏作用，但能与卟啉结合而排出体外。

【临床应用】 本品为抗疟药，在口腔科临床用于治疗口腔扁平苔藓和慢性盘状红斑狼疮，慢性唇炎（湿疹糜烂型）等。常用剂量每日服250mg，分两次，疗程2～4周，对个别严重病例可加大剂量到每日服500mg，分两次。

【不良反应】 服药后可有食欲减退、恶心、呕吐、腹泻等胃肠反应；有时可出现皮肤瘙痒、紫癜、脱毛，使银屑病加重；可出现头重、头昏、头痛、耳鸣、心律失常、眼角膜与视网膜变性，以及不可逆的失明，耳聋等。

可能使胎儿耳聋、脑积水、四肢缺陷，故孕妇禁用。可能引起白细胞减少，如减至4.0×10^9/L以下，应停药。

【注意事项】 应同时服用维生素$B_6$10mg，每日3次，可减轻该药引起的胃肠道反应。在长期服用该药治疗以前，应作眼部检查，排除原有病变。60岁以上患者宜勤检查，以防止视力损害。长期维持剂量每日以0.25g以下为宜，疗程不超过一年。

（二）羟基氯喹 hydroxychloroquine

【药理作用】 据认为该药能改变机体的膜功能，稳定溶酶体膜，抑制白细胞的趋化，阻止白细胞介素-1的产生，抑制蛋白质合成和减少细胞复制，可治疗自身免疫性疾病。药物的终末半衰期为40多天，要达到96%的药物稳定需6个月，可见起效时间缓慢。从肝、肾代谢。它比4-氨基喹啉或氯喹更为安全、适用，口服后在机体的黑色素化组织（如视网膜、脉络膜）浓度最高，但服用氯喹后在眼角膜中的浓度为该药的4倍，且该药引起的视网膜病的可能性比氯喹小。

【临床应用】 治疗口腔扁平苔藓，每日200mg，分两次服，疗程可达6个月。据报道，用其治疗10例口腔扁平苔藓，每日200mg，疗程6个月，均有好转，其中5例痊愈。

【不良反应】 服用的患者中约20%眼角膜有药物沉积，它以盐的形式存积于上皮基底层，通常无症状，是可逆的。其他副作用有脱发、眩晕、耳鸣、白细胞减少，胃肠不适、恶心等。本药为氧化剂，对6-磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏的病人，可引起溶血反应。

（三）沙立度胺（thalidomide，反应停、酞胺哌啶酮）

【药理作用】 是一种低毒、无成瘾性的中枢神经镇静药。原用于治疗瘤型麻风。近来的研究认为，它可作用于对免疫反应有活性的T细胞起到免疫调节作用，并能稳定溶酶体膜。认为它能抑制淋巴细胞的转化及未成熟免疫细胞的增生，对细胞免疫和体液免疫均有抑制作用。据报道，它能抑制多形核白细胞产生氧自由基，有抗炎作用。

【临床应用】 治疗麻风、发作频繁的复发性口疮，糜烂型扁平苔藓、盘状红斑狼疮，天疱疮、类天疱疮等。治疗剂量：轻型口疮，每日100mg，分2～3次口服；重型口疮，每日300mg，分2～3次服，症状控制后小剂量维持2月。Grinspan曾用它治疗100例复发性口疮，效果良好，随访1～8年，

仅有少数复发。该药不宜推荐给儿童患者，对于复发很轻、间隙期很长的病例，也不必使用。一般每日用100mg即可，用药后6周出现最大疗效。据认为，获得性免疫缺陷综合征（AIDS）之口疮损害，若对抗生素、抗病毒药及皮质激素不敏感时，可用它治疗。有人建议，在治疗复发性口疮时，可将它作为皮质激素治疗失败后的第二代药物。

【不良反应】致畸性，一般发生在妊娠的前3个月，尤其是第45～55天。此外，它的神经毒作用常不可预测，老人及长期服用者多见，主要为感觉神经受累，表现为感觉迟钝，感觉障碍，对热痛感觉过敏、麻木感，多发生在下肢。据报道，当治疗总剂量达40～50g时，会出现神经炎，停药后仍不恢复，故在临床上应早期作神经电生理学检查，若有异常应立即停药或减量。其他副作用有头昏、嗜睡、便秘、食量增加，少数病人出现肌无力，水肿、高血压、血细胞减少等。

（四）雷公藤及昆明山海棠

同属卫茅科雷公藤科植物，其有效成分为雷公藤总甙（total glueosides）

【药理作用】免疫抑制作用，主要是抑制亢进的B淋巴细胞系统，也可有抑制T淋巴细胞的作用。

抗非特异性炎症，能抑制迟发性变态反应，降低毛细血管渗透性，减轻水肿、止痛。在实验室观察到，其抗炎强度与氢化可地松相等，它的抗炎机制不是通过兴奋垂体——肾上腺皮质系统来达到。它无糖皮质激素的副作用，用药期间可骤停，亦可再用，无反跳现象。据报道，用昆明山海棠治疗阿弗他溃疡时，有抗血凝及促进纤溶的作用，也有改善微循环的效能。

【临床应用】对自身免疫性疾病均有效，但治疗指数较低、停药后易复发。用于治疗口腔扁平苔藓、红斑狼疮、白塞病及顽固性复发性口疮，治疗剂量为雷公藤总甙每天50mg，分2～3次服用，可在一个月内显效；昆明山海棠片每次服两片，每日三次。

【不良反应】胃肠道反应较多见，如恶心、呕吐、腹胀，其他副作用如头晕、乏力、肝区痛、白细胞减少、血小板下降、月经紊乱、精子活力降低等偶有发生，但停药后可恢复正常。一般来说，剂量过大，可出现明显副作用。

【注意事项】雷公藤为剧毒药，对心脏有影响，动物实验证明，大剂量可使心搏骤停。孕妇禁用。

（五）秋水仙碱（colchicine）

为百合科植物丽江山慈菇（iphigenia indica kunth et benth）的球茎中提取得到的一种生物碱。

【药理作用】原为抗痛风药、抗肿瘤药。近来将其作为多形核白细胞化学趋化性抑制剂来使用。白塞病患者常有多形核白细胞化学趋化性升高，用本品治疗可取得一定疗效。

【临床应用】据报道，本品可作为治疗白塞病具有眼、皮肤、粘膜病损的首选药物，一般用于良性白塞病，剂量每日1mg，分2次口服，治疗6个月至1年，显效后以每日0.5mg或间日1mg维持。对于较严重的病例，开始应使用更大的剂量。若剂量不足或疗程太短，可能影响疗效。据报道，它可与反应停联合应用，治疗白塞病的疗效更肯定，但仍需维持剂量，避免复发。

【不良反应】腹泻、恶心、胃痛、呕吐、食欲不振为较常见的早期毒性反应，发生率3%～9%。

长期用药的不良反应：末梢神经炎症状、手足麻木感、刺痛无力；皮疹；骨髓抑制，包括再生障碍性贫血、粒细胞缺乏症、血小板减少；脱发。

晚期中毒症：血尿、少尿、肾功能衰竭；胃、咽或皮肤烧灼感；抽搐；重症或血性腹泻；发热；精神或情绪改变；重症肌无力；呼吸抑制或肺水肿。

【注意事项】该药可致畸胎；老年患者易蓄积中毒；下列情况慎用：骨髓造血功能不全，严重心、肺病，肾功能不全及胃肠疾病；用药期间应定期复查白细胞、血小板、骨髓造血功能及肝肾功能。

（六）维甲酸（tretinoin）

维甲酸又名维生素A酸 vitamine-A acid）、维生素甲酸（ritinoic acid）。

【药理作用】维甲酸是维生素A的代谢中间产物，也可由维生素A氧化还原而成，主要影响上皮代谢和骨的生长，有较明显的角质溶解作用。它是通过与基因组相互作用的特异性受体而发挥其效应的。维甲酸导致细胞核维甲酸受体构形改变，受体与DNA结合使特异性基因的转录增加，故能抑制角朊细胞的分化和增殖，改变角蛋白基因的表

达模式。用药后，可使角质层的表层脱落并变薄，对真皮细胞成分还有免疫调节作用。

【临床应用】 口腔扁平苔藓与口腔白斑，初期剂量为每日10～15mg（分三次服），若能耐受可逐增量达最大剂量，每日服30～60mg，疗程约1～2个月。

【不良反应】 头痛、头晕、轻度腹泻，唇干、口、鼻、眼、皮肤干燥，瘙痒，脱发，鼻出血，致畸性，严重者可诱发早搏。

【注意事项】 冠心病、肝功能异常与高血脂者忌用。

附：

依曲替酯（etretinate，ET）

【药理作用】 属单芳香族维生素A酸，进入体内后迅速水解成相应的酸，在血液中它的主要代谢药物为13-顺异构体。据认为它可能作为抗炎剂通过抑制嗜中性白细胞和单核细胞的游走而起到治疗扁平苔藓的作用。

【临床应用】 用于治疗扁平苔藓，口服每日30～50mg，疗程6～8周。据报道，治愈扁平苔藓后，病损区的角朊细胞及朗格汉斯细胞的HLA-DR抗原的表达消失，这可能是抑制了γ-干扰素（IFN-γ）的产生所致，且表皮与真皮交界处，抑制性T细胞/细胞毒性T细胞消失。

【不良反应】 主要为致畸形，因为依曲替酯半衰期长（约100天），生育期妇女服药后应避孕两年以上；其他有唇干、唇炎、口、鼻、眼、皮肤干燥，结合膜炎，脱发，瘙痒等。一般用量较大者易发生副反应。

【注意事项】 本品易分布于脂肪中，对于肥胖病人应适当增加剂量，才能达疗效。

依曲替酸（acitretin，AT）

【药理作用】 是依曲替酯主要的游离酸衍生物，亦属单芳香族。血液中主要代谢产物是其13-顺异构体。它经胆汁-粪，肾-小便排出。服药50mg约4小时血浓度达峰值。弱酸性，高度亲脂，对血浆蛋白有高度亲和力，能在体内广泛分布，对上皮角化过度疗效明显，对上皮细胞的免疫功能有影响。

【临床应用】 治疗扁平苔藓，每日50mg，口服，能很好耐受。

【不良反应】 与其他维生素A酸一样，仍有致畸性，但它的清除半衰期短（约50小时），生育期妇女停药后一月即可受孕。

其他副作用仍为唇炎、唇干、口、鼻、眼皮肤干燥，结膜炎、脱发、瘙痒等。

（七）氨苯砜（dapsone，diaminodiphenylsulfone，DDS）

【药理作用】 对麻风杆菌有抑制作用。口服吸收缓慢而完全，因其存在肝肠循环，所以半衰期较长，停药后可维持有效组织浓度2～3周，也是一种非甾体类抗炎药，抗炎作用主要是它对多核白细胞受到刺激后所产生的大量毒性氧中间产物，具有明显的清除作用，因此，大量减少了毒性氧中间产物的产生，从而抑制了吲哚二氧化酶，减少淋巴因子与前列腺素的释放。这些作用与它抑制髓过氧化物酶和肥大细胞释放前炎症物质有关。

【临床应用】 据报道，治疗严重的大疱性扁平苔藓，初期剂量每日25mg，后逐增至每日100mg，持续1个月，有一定疗效。另外，还可干扰细胞中介的免疫性疾病，如红斑狼疮等。

【不良反应】 常见的有恶心、呕吐，偶见头痛、头晕心动过速等。血液系统有白细胞减少，粒细胞缺乏、贫血等；对于葡萄糖-6-磷酸脱氢酶（G6PD）缺乏者，可致正铁血红蛋白血症，严重者可致溶血性贫血。

砜类化合物治疗麻风偶可引起“麻风反应”，常于用药后1～4周发生，特征是发热、不适、剥脱性皮炎、肝坏死并发黄疸，淋巴结肿大、贫血等，停药并给予皮质激素治疗可望好转。

使用本品可偶发中毒性精神病、周围神经炎等。

【注意事项】 严重肝、肾和造血系统疾病，胃、十二指肠溃疡禁用；与磺胺类药物可有部分交叉过敏反应发生。

（八）环孢菌素A（cyclosporin A，CYA）

【药理作用】 新一代免疫抑制剂。在抑制体液免疫及细胞介导免疫反应、抑制慢性炎症方面均有高效力。它是通过选择性抑制细胞毒T淋巴细胞的产生和增殖，以减少T抑制淋巴细胞而起作用。它能抑制白细胞介素2，γ-干扰素、淋巴细胞衍生趋化因子、巨噬细胞移动抑制因子的产生和释放，也抑制辅助性、细胞毒性T淋巴细胞上的白细胞

介素2受体的表达。

【临床应用】 治疗口腔扁平苔藓。据报道，每天每千克体重5mg口服治疗扁平苔藓，8周后显效，但停药后易复发。将其作为含漱剂，每毫升含环孢菌素A 100mg，每日用量1～5ml，治疗口腔扁平苔藓，两个月后疗效很好，亦无全身及局部副反应。

【不良反应】 对肾脏有毒性，用药期间应密切监测肾功能；此外还可引起高血压、肝毒性、癫痫发作等。

（九）多抗甲素

【药理作用】 系由α-溶血性链球菌经深层培养后提取之α-甘露聚糖肽类物质。有免疫调节作用，能增强网状内皮系统吞噬功能，提高淋巴细胞转化率和E-玫瑰花环形成率，活化淋巴细胞，升高血细胞，增强免疫功能，提高抗炎能力。

【临床应用】 治疗口腔扁平苔藓、复发性阿弗他溃疡等。口服一次5～10mg。一日2～3次，0.5～1个月为一疗程。

【不良反应】 个别患者可有一过性心悸、气急、皮疹等反应。

【注意事项】 过敏性素质者应慎用。心脏病患者忌用。

（十）芦笋精胶囊

本品系以新鲜芦笋为原料制成的胶囊剂，含天门冬酰胺酶，天门冬氨酸，芦笋甙、芦笋酸、核酸、叶酸、多糖、硒、磷、多种维生素及多种氨基酸等。

【药理作用】 可促进外周T淋巴细胞转化增殖，有提高机体免疫功能及抗氧化等作用，并有生津止渴、促进唾液分泌等功效。

【临床应用】 口腔干燥综合征；可减轻颌面部肿瘤化疗和放疗引起的副作用。

用法：口服，一次2～3粒，一日3次。

（十一）卡介菌多糖核酸注射液

系用卡介菌经热酚法提取的多糖、核酸，配生理盐水制成的免疫制剂。

【药理作用】 为新型免疫调节剂，主要通过肌体内的细胞免疫、体液免疫，刺激网状内皮系统，激活单核-巨噬细胞和T淋巴细胞，增强细胞免疫功能和调节体液免疫水平。

通过稳定气道壁上的肥大细胞膜，抑制肥大细胞脱颗粒，以及持续刺激肌体产生大量IgG，IgG又可与结合于致敏肥大细胞膜上的IgE竞争抗原，产生抗体“封闭作用”，以此来增强机体抗过敏能力。

【临床应用】 复发性阿弗他溃疡；协助治疗由于免疫功能低下引起的口腔粘膜感染（如白念菌口炎）；可用于预防过敏性口腔疾患（如过敏性口炎）。

用法：肌内注射，每次1支（含0.5mg）隔日一次，18支为一疗程。两岁以上小儿可考虑用成人剂量，两岁以下可减半。

【不良反应】 个别患者有低烧现象，停药后即可恢复正常。

【注意事项】 本品为免疫增强剂，预防复发应坚持使用1～2个疗程。

（十二）环戊硫酮

系一种带苦味的棕黄色粉末，几乎不溶于水（1～2mg/L），也不易溶于酒精，中度溶于丙酮和三氯甲烷，易溶于苯。

【药理作用】 促进唾液分泌，并有利胆作用。

【临床应用】 用于某些药物或口咽部放疗引起的口腔干燥症。引起唾液分泌减少的药物包括镇静剂、抗抑郁药、抗帕金森氏病药物等。也可用于口腔干燥综合征。

用法：口服，每次1片（含25mg），每日三次，饭前服。

【不良反应】 个别病人可出现稀软便，若这种现象持续不变，可酌情减少服用量。

【注意事项】 黄疸、肝硬化、胆管阻塞者禁用。

（曾光明）

第十三章 口腔科其他药物

第一节 诊断用药

使用X线透过人体拍照时，密度大的骨组织阻射，显示清晰，软组织阻射小，易透过X线，不能在X线片上显示清晰结构。将原子序数大，密度高的介质如碘（原子序数53）、钡（原子序数56）制剂或反之低于软组织器官密度的介质如空气引入体内，显示软组织器官的形态、功能以及包块、囊肿、瘘道等病变。密度高的阻射介质称为阳性造影剂，后者称为阴性造影剂。

口腔临床领域常用的阳性造影剂有泛影葡胺、碘化油等碘制剂。其主要不良反应为全身过敏反应。轻者表现为皮肤瘙痒、荨麻疹，胸闷，呼吸困难，恶心、呕吐、腹痛等，重者可致喉痉挛、过敏性休克等。故使用含碘造影剂前应常规进行碘过敏试验。

但碘过敏试验假阴性率甚高。即使试验阴性，在使用时仍可能引起严重的甚至危及生命的不良反应，故应密切观察病人，如病人在注射造影剂过程中出现瘙痒、喉部刺痛感、咳嗽、呼吸困难、胸闷，要及时停药。应有完善的抢救设施，备有急救人员及各种必需的抢救药物。

一、碘 化 油

碘化油（iodinated oil）又名碘油（iodized oil）。

【药理作用】 为碘化植物油（碘化核桃油或碘化豆油），含碘量37.0%～42.0%，粘稠度大，刺激性小，吸收缓慢。气管造影时，少量进入肺泡者可能存留数月至数年，刺激引起脂质性肉芽肿和肺纤维病变。X线阻射效果好。

【临床应用】 临床用于气管造影、子宫输卵管造影、腮腺及颌下腺造影、颌面颈部瘘道造影等。亦可用于地方性甲状腺肿的防治。

【不良反应】 造影后可能会引起短暂全身反应，如低热、头痛、厌食等。涎腺造影时可引起局部软组织肿胀、疼痛，持续数日后自行好转。

【注意事项】 ①碘剂过敏、甲亢、老年性结节性甲状腺肿、甲状腺癌，或严重心、肺疾患者禁用。造影前宜作碘化油皮肤划痕试验。②涎腺造影、瘘道造影时，注射前应先回抽，避免误入血管引起油栓，并应避免注射于软组织中。③造影时如误入消化道可能引起碘中毒。④本品不宜在空气中暴露时间过长，变棕色时勿用。

二、泛 影 葡 胺

泛影葡胺（meglumine diatrizoate）又名泛影酸葡甲胺（urografin）。

【药理作用】 离子型水溶性有机碘造影剂，为泛影酸溶入葡甲胺所得。无色或微黄透明，微粘稠。其苯环中有3个碘原子，显影清晰，静注后原形从尿中排出，在体内停留时间短。毒性、刺激性较小。

【临床应用】 静脉注射用于尿路造影、外周血管、脑血管及心脏血管造影。也可用作胆管、子宫、输卵管、腮腺、颌下腺、关节腔、囊肿、瘘道造影，CT增强扫描等，口服还可作胃肠道造影。常用浓度60%、70%。

【不良反应】 注射后病人可有灼热感、躁动不安、眩晕、出汗、恶心、呕吐、流涎、荨麻疹等。偶可引起心室纤颤、低血压、循环衰竭、喉头水肿及哮喘。

【注意事项】 ①碘过敏、甲亢、严重肝肾功能障碍时禁用，孕妇慎用。②在开始静脉注射碘造影剂前，可应用厂商提供的低浓度造影剂（0.3%）1ml缓慢静注，观察15分钟。其他简易方法有0.1ml皮下注射，观察10～15分钟，局部红肿直径超过1cm者为阳性；舌下滴入5滴造影剂，10分钟内出现舌、唇水肿麻木者为阳性；在结膜囊内滴入1～2滴，观察5分钟，出现结膜充血、水肿、流泪者为阳性。③低血压可用肾上腺素抢救。④药液变深黄色时勿再使用。

三、菌斑显示剂

作牙菌斑显示用，以便计量观察菌斑数量，作为口腔卫生情况的测量指标之一。被推荐用于临床的有数种，可根据药源情况选用。

1. 四碘荧光素钠（erythrosine sodium，赤藓红钠） 为红或棕红色粉末，可用95%乙醇助溶，加入防腐剂苯甲酸钠、矫味剂，糖精钠，香草香精少许，用蒸馏水配制成2%溶液，在检查时滴在舌尖1～2滴，舔牙1分钟，或用其片剂（15mg/片），嚼碎后再以清水含漱。牙菌斑呈淡红色。

2. 碱性品红（basic fuchsin） 三苯甲烷染料，可用95%乙醇助溶后加水配成1.5%溶液，清水漱口后用此溶液染牙面，再用清水漱口。菌斑被染成红色。

避光保存，如有沉淀，只用其上清液即可。

第二节 血管硬化剂

鱼肝油酸钠（natrii morrhuas，morrhuate sodium）。

【药理作用】 本品为鱼肝油的脂肪酸钠，局部注射可造成组织无菌性坏死，形成瘢痕，并有与钙离子结合形成钙皂，促进血小板聚集的作用。剂量过大易引起脏器损伤。动物实验研究显示静脉注射剂量超过动物血容量2%时可引起急性循环衰竭，造成动物死亡。可引起肺水肿、肺小动脉充血、肝、肾瘀血、脑膜充血、心脏受损。在动脉注射时易引起血管供应区组织缺血性坏死。

【临床应用】 临床可用于海绵状血管瘤的硬化治疗、肝硬化所致食道静脉曲张静脉破裂出血、前列腺尿道手术出血、鼻出血及拔牙后创口出血的止血，舌下腺囊肿、腱鞘囊肿、痔核的治疗，并有在输精管内向附睾方向注射以使男子节育的报道。在颞颌关节习惯性脱臼的治疗中也得到广泛应用。

海绵状血管瘤注射时应穿抽回抽有血时再注射，以便使药液直接注入血管窦腔，不宜注射在血管瘤周围软组织。一周后可重复注射。一次注射剂量以不超过总量8ml为宜。如血管瘤位于舌根、口底、咽旁时，应在严密观察下进行注射，在注射后一周内密切观察病人全身情况，卧床静养，保持气道通畅，以策安全。

舌下腺囊肿、腱鞘囊肿治疗时均应先抽出囊液，再将鱼肝油酸钠注入囊腔之内，一次剂量不宜超过2ml。

鼻腔出血及拔牙创出血可用5%鱼肝油酸钠浸湿填塞材料局部加压。

颞颌关节习惯性脱臼使用硬化法治疗时，可在内窥镜下注入盘后区滑膜下，注射点1～2个，每点0.25～0.5ml鱼肝油酸钠。

【不良反应】 注射后一般会出现局部肿痛2～3天，可服一般镇痛药物，严重者可口服肾上腺皮质激素，减轻反应。

全身反应少见，偶有发烧、心悸胸闷、皮疹。有注射后引起过敏性休克的报道。

【注意事项】 ①大剂量多次注射时，注意检查肝、肾、心、肺功能，注射速度应缓慢。已有肝、肾、心、肺脏器病变者慎用。②勿注入动脉内，否则可引起动脉分布区组织坏死。③忌作蔓状血管瘤硬化剂注射。

（史宗道）

第十四章　中医药在口腔疾病治疗中的应用

祖国传统医药学是我国珍贵文化遗产宝库中的一个重要组成部分。古往今来，中医药学在口腔疾病的治疗中曾起过相当重要的作用。在口腔医药学飞速发展的今天，将现代医药学与传统中医药学同时用于口腔疾病的治疗，采用“古为今用、洋为中用、中西结合、取长补短”的原则，将取得更好的效果。

第一节　治疗牙周病的中医药

一、清胃散

【方剂组成】 当归身6g，生石膏30g，黄连6g，生地15g，牡丹皮9g，升麻6g。

【功能主治】 清胃凉血。胃有积热，上下牙痛，牵引头痛，满面发热，牙龈红肿溃烂，牙宣出血，或口气热臭或唇、舌、颊腮肿痛，口干舌燥；舌红少苔；脉滑大而数者。适用于牙周炎急性期。

【方解】 本方证多由胃有积热所致。方用黄连苦寒泻火，生石膏清理胃热，生地，丹皮凉血清热，当归养血和血，升麻为阳明引经药，又具清热解毒之功，从而达到清胃火、凉血热之效。

从经络循行的部位来说，足阳明经循鼻外入上齿、手阳明经上项贯颊入下齿，故上下齿痛、龈肿多与阳明邪火有关。同时，胃为多气多血之腑，胃热则血分亦热，故本方除清阳明经热之外，更佐有凉血养血之品。如大便秘结者，可酌加大黄以导热下行，则取效更捷。

二、牙周败毒饮

【方剂组成】 生石膏30g，黄芩12g，紫花地丁18g，玄参15g，生地15g，大黄9g。

【功能主治】 脾胃积热或胃有实火，循径上犯牙龈，证见牙龈红肿、疼痛或发牙周脓肿、牙龈出血，或有烦渴饮冷、口臭、便秘，小便黄少；舌苔黄厚少津；脉洪大或滑数者。适用于牙周炎急性期、急性炎症较重者，以及急性智齿冠周炎、急性根尖周炎等。

【方解】 生石膏清理胃热；生地、玄参清热凉血养阴；黄芩清热燥湿；紫花地丁清热解毒、凉血消肿；大黄苦寒，能泻热毒、破积滞、消肿去瘀，引火下行。

火热盛者加生山栀、川黄连、丹皮；肿胀甚者加皂角刺、花粉、连翘、夏枯草、牛蒡子；出血明显者加白茅根、槐花、旱莲草；溢浓多者加漏芦。

三、玉女煎

【方剂组成】 生石膏30g，熟地15g，麦冬12g，知母10g，牛膝9g。

【功能主治】 素体阴虚而兼挟胃火炽盛，即少阴不足、阳明有余，证见烦热干渴、头痛，牙龈红肿、疼痛，牙龈出血，牙齿松动，口舌生疮；常伴有头晕、目眩、耳鸣、腰酸、膝软、手足心潮热。适用于身体虚弱之牙周炎急性发作者。

【方解】 本方证为阳明气火有余、少阴阴精不足所致。制方原意是取白虎汤中石膏、知母清阳明有余之火，熟地滋少阴不足之阴，麦冬养阴清肺，与熟地合用是取其金水相生之意，牛膝导热下行。本方是滋阴与清火并用，达到壮水制火的目的。

四、固齿丸

【方剂组成】 熟地30g，山药20g，山萸肉15g，丹皮、茯苓、泽泻各12g，骨碎补30g，黄芪20g，配制成丸剂。

【功能主治】 用于因肾虚致使牙齿动摇，牙周萎缩等症状。临床上多以肾阴虚为主，证见牙齿松动、牙齿移位、伸长、牙周萎缩、咀嚼无力或兼有牙龈出血，并常伴有耳鸣、目眩、潮热、盗汗、经闭、梦遗、咽干口燥等；舌质红、舌苔少或光剥无苔，脉沉细、尺脉弱。本方适用于成人型牙周炎之静止期有牙齿松动者，常需连续服药3～6个月。

【方解】 肾虚齿豁，肾实齿坚。方中熟地、山

药、山萸、丹皮、茯苓、泽泻为六味地黄汤，能滋阴补肾；骨碎补补肾健骨，为治疗齿痛、牙齿松动之常用药，并可活血止痛；黄芪补气，共达补肾、健骨、坚齿的作用，是治疗牙周炎稳定期的有益之剂，可起到缓解症状、控制病情发展的作用。

第二节　治疗口腔粘膜病的中医药

一、清热泻火

（一）加味导赤白虎汤

【方剂组成】 生石膏 30g，知母 12g，生地黄 24g，木通 10g，淡竹叶 10g，玄参 15g，麦冬 12g，青蒿 6g，板蓝根 15g，芦竹根 15g，孩儿茶 10g，甘草 10g。

【功能主治】 清心胃积热，兼养阴利湿。阳明热盛，口干舌燥，烦渴引饮，面赤、恶热、大便秘结；再具阴虚夹湿，常使口疮反复发作，口腔扁平苔藓糜烂、疼痛，或发疱疹性口炎、球菌性口炎或坏死性龈口炎等；舌质红、舌苔黄腻、脉滑数有力。

【方解】 本方是以宋·钱乙《小儿药证直诀》“导赤散”为基础，加味发展而成。导赤散用生地黄凉血养阴，以制心火；淡竹叶、木通清心与小肠，利尿导热，专治口舌生疮、小便赤涩；生甘草清热解毒，并起矫味与协助各药的作用。赤者属心，导赤者导心经之热从小便而出。清《医宗金鉴》说：“此方利水而不伤阴，泻火而不伐胃”。若心经实热则力有所不及，故本方中首先加入清热凉血的青蒿与凉血养阴的玄参以助生地黄；玄参还能降火、解毒，可治血热壅盛的咽喉肿痛；再加入生石膏、知母（“伤寒论”中白虎汤的主药），既可清实热、泻胃火，治疗胃火上炎的烦热口渴、牙龈肿痛，又可协同生地黄、玄参等气血两清、养阴生津；至于加凉心血、清胃热、解毒利咽的板蓝根，更增强了上述两组主药的效力，又能协助玄参治疗口腔及咽喉之肿痛；麦冬既可养阴清热、生津、止渴，又能加强生地黄、玄参之功；芦竹根一方面善清热生津，另方面又通导淋涩而增进木通，淡竹叶导赤之功；孩儿茶针对口腔溃疡，流涎，能清热敛疮，可促进愈合。

（二）龙胆泻肝汤

【方剂组成】 龙胆草 10g，黄芩 12g，山栀子 10g，柴胡 10g，当归 10g，生地黄 18g，车前子 12g，泽泻 10g，木通 10g，甘草 10g。

【功能主治】 泻肝胆实火，清热利湿。主治白塞病、复发性口疮、口腔扁平苔藓、灼口综合征兼有头痛、目赤、口苦、口干、胁痛、耳鸣耳聋，大便干结，阴痒带下等肝胆实火及肝胆湿热之证，表现脉弦滑数，舌红、苔黄或黄腻等。

【方解】 本方是清肝泄肝胆实火和肝胆湿热的代表方剂。龙胆草苦寒泻火除湿热；黄芩、栀子苦寒以助清热祛湿之力；泽泻、木通、车前子清热利湿。苦寒伤脾胃，热盛火炽必伤阴液，因此配以生地黄、当归滋阴养血，以防伤正；柴胡疏肝清热，甘草调和诸药。

二、活血化瘀——桃红四物汤

【方剂组成】 桃仁 9g，红花 9g，白芍 9g，熟地 15g，当归 9g，川芎 9g。

【功能主治】 养血补虚，行血散瘀。顽固性口疮溃疡或口疮，口腔扁平苔藓，口腔白斑、灼口综合征或颌面部肿瘤，证见瘀血阻滞经脉，病损愈合缓慢，并有经闭、痛经；舌质淡有瘀斑、瘀点，舌下青筋粗大；脉迟涩或结代；毛细血管显微镜下可见毛细血管襻弯曲、扭转，甚至扩张、膨大，血流缓慢或瘀阻、停顿。

【方解】 桃仁破血行瘀；红花活血散瘀通经。血滞者多血虚，故以熟地伍白芍，生血和营调补肝肾为臣；当归补血、活血为佐；川芎辛温走窜为使，擅行血中之气滞，以助活血行血。

三、滋补肝肾——六味地黄汤

【方剂组成】 熟地黄 18g，山萸肉 9g，山药 15g，牡丹皮 9g，茯苓 12g，泽泻 9g。

【功能主治】 补益肝肾，滋阴清热。肝肾阴虚，阴虚火旺，表现为腰膝酸软，头晕目眩，潮热盗汗，口燥咽干，失眠多梦，便干尿黄等症。如阴虚火旺型之复发性口疮、白塞病、干燥综合征、慢性牙周炎等。

【方解】 重用熟地滋补肝肾；山萸肉补肝肾涩精气；山药补脾益肾；泽泻、茯苓淡渗利湿；丹皮凉血清热。本方补肾、肝、脾三经，补中有泻，补

而不呆，以滋补肾阴为主。

本方加知母、黄柏为知柏地黄汤，增强滋阴泻火之力，对阴虚火旺、虚火上炎之复发性口疮、白塞病更为适合。若加枸杞子、菊花即为杞菊地黄汤，加强养血清肝和滋补肝肾之力，更适宜阴虚肝旺之证，对头晕、目眩、眼干、目涩，视物模糊等肝旺、阴血虚损等有效，如干燥综合征可用之。

四、气血双补——八珍汤

【方剂组成】 当归9g，川芎9g，生地黄15g，赤芍9g，党参12g，白术9g，茯苓12g，炙甘草9g。

【功能主治】 补益气血。气虚不能固表则恶寒，并有少气懒言，语声低微，心悸、疲乏等证；血虚则眩晕，血不养筋致使手足麻木，并有复发性口疮反复不断，食少便溏；舌质淡；脉微弱或虚大等。

【方解】 党参、白术、茯苓、炙甘草为四君子汤，加上四物汤（当归、川芎、生地、赤芍）则气血双补，于补血中兼以益气，以成阳生阴长之功。《内经》说："独阳不生，孤阴不长"。故必须"阴中求阳，阳中求阴"。

若复发性口疮兼偏血虚有热，证见血虚肠燥、大便干涩者用四物汤加知母、黄柏；若偏气虚食少、便溏者，用四君子汤加黄芪、桔梗，也可用补中益气汤（党参、黄芪、白术、当归、陈皮、升麻、柴胡、甘草），以扶持脾胃、补益中气，达到阳生阴长，气血充足、虚火自降。

第三节 治疗口腔颌面部疾病的中医药

一、仙方活命饮

【方剂组成】 金银花9g、炙穿山甲9g，天花粉12g，白芷9g，当归尾9g，赤芍9g，浙贝母9g，防风9g，乳香6g，没药6g，皂角刺9g，陈皮9g，甘草9g。

【功能主治】 清热解毒，消肿散结，活血止痛。用于颌面部丹毒、间隙感染、疖、痈、脓肿、淋巴腺炎等的早期，局部显红肿热痛者。服用后，脓未成者可消退，脓已成者可助溃破。

【方解】 金银花、甘草清热解毒；当归尾、赤芍、乳香、没药活血化瘀、消肿止痛；白芷散风消肿；浙贝母、天花粉化痰散结；穿山甲、皂角刺消肿软坚排脓；陈皮理气化滞。

炎症红肿重者，可加蒲公英、紫花地丁、连翘等，以加强清热解毒之功；若无脓或脓未成可去穿山甲、皂角刺，或减少其剂量。

二、五味消毒饮

【方剂组成】 金银花12g，野菊花12g，蒲公英18g，紫花地丁18g，紫背天葵18g。

【功能主治】 清热解毒，凉血消肿。用于口腔颌面部各种急性炎症，即各种疮、疡、痈、肿热毒之实火疾患。

【方解】 本方为口腔科常用之清热解毒方剂。方中各药均有清热解毒作用，抗炎作用强，可用于多种细菌感染引起的炎症。

三、黄连解毒汤

【方剂组成】 黄连9g，黄芩15g，黄柏9g，栀子9g。

【功能主治】 泻火解毒、清化湿热。主治头面部各种痈肿疮疖热毒等。

【方解】 本方为清热泻火常用基本方。黄连、黄芩、黄柏、栀子清三焦热，燥湿泻火。

四、牵 正 散

【方剂组成】 白附子6g，僵蚕9g，全蝎2条。

【功能主治】 祛风化痰、解痉止挛。主治面神经麻痹、肌肉抽搐。

【方解】 本方用于风痰阻络疾病。白附子散头面之风、逐寒湿、祛风痰；僵蚕祛风化痰；全蝎熄风止痉。

五、蠲 痹 汤

【方剂组成】 黄芪15g，甘草9g，防风12g，羌活9g，当归9g，赤芍9g，姜黄9g。

【功能主治】 祛风除湿。主治因面部经络受风湿侵扰、出现的面痛、头风、颞颌关节疼痛等。

【方解】 黄芪、甘草益气；配防风羌活疏风除湿，其性善走，则补而不滞，行而不泄；当归、赤芍和营活血；姜黄理血中之气滞，祛除寒湿。

第四节　局部用药

一、散　　剂

（一）冰硼散

【方剂组成】 冰片 5g，硼砂（炒）50g，朱砂 6g，玄明粉 50g。共成细粉，混匀即成。

【功能主治】 清热解毒、散热止痛。用于各种急性口腔炎及急性咽部炎症。将药品撒于患处，或用蜂蜜调匀涂于患处，每日三次。

【方解】 硼砂清热解毒、防腐、破积生津；玄明粉解毒清热、润燥软坚；冰片散热止痛；朱砂镇痛。

（二）锡类散

【方剂组成】 牛黄 1.5g，冰片 1g，珍珠 9g，人指甲 1.5g，象牙屑 9g，青黛 18g，壁钱炭 3g。共成细粉，混匀。

【功能主治】 清热解毒、化腐生肌。主治各种急性口炎、咽部炎症，将药粉撒于患处。

【方解】 珍珠能清热解毒；象牙屑治热疾骨蒸；壁钱炭治牙蚀腐实；青黛、冰片、牛黄清热解毒止痛。

（三）抑阳散（洪宝膏）

【方剂组成】 天花粉 90g，白芷、姜黄、赤芍各 30g。共研成细末，以 10%～20%蜂蜜液调敷于患处，每 2 日或间两日一次。

【功能主治】 活血化瘀，消肿止痛。用于各种颌面部炎症早期，促使炎症消退。

【方解】 天花粉能生津止渴消肿；姜黄、赤芍活血化瘀；白芷活血消肿止痛。

（四）养阴生肌散

【方剂组成】 青黛 150g，甘草粉 150g，牛黄 80g，黄柏粉 80g，枯矾 150g，龙胆草粉 80g，冰片 150g，煅石膏 80g，薄荷脑 80g。

上述药物共研细末混匀即得。

【功能主治】 清热解毒、用于各种口腔炎与口腔溃疡。撒布于患处，3 小时一次。

二、含　漱　剂

（一）三黄含漱液

【方剂组成】 黄芩 12g，黄连 6g，黄柏 9g，成煎剂，过滤即得。

【功能主治】 清热解毒、止血定痛，促进溃疡愈合。用于治疗胃热上犯引起的口疮、风热牙痛及牙宣出血等。

【方解】 黄芩、黄连、黄柏可清热、燥湿，专治因湿热引起的口腔粘膜急性炎症及牙周炎症。

（二）三花白竹液

【方剂组成】 金银花 9g，菊花 9g，金莲花 9g，白芷 9g，竹叶 9g。成煎剂，过滤即得。

【功能主治】 清热散风、消肿止痛。治疗各种感染性口炎、复发性口疮、冠周炎、急性咽炎等。

【方解】 金银花清热解毒、凉血消肿；菊花清热疏风；金莲花清热利咽消肿；竹叶清心除烦；白芷祛风、消肿、镇痛。

（曾光明）

参考文献

1. 汤光主编．现代药物学．北京：中国医药科技出版社，1997
2. 李振、许德顺、王化洲等主编．恶性肿瘤的化学治疗与免疫治疗．北京：人民卫生出版社，1994
3. 中华人民共和国卫生部药政局编．中国医院制剂规范（西药制剂）．第二版．北京：中国医药科技出版社出版，1995
4. 徐叔云主编．现代实用临床药理学．北京：华夏出版社，1997
5. 陈新谦、金有豫主编．新编药物学．第十四版．北京：人民卫生出版社，1998
6. 唐迪生、毛娟虹编著．临床实用药物学及其药理基础．上海：复旦大学出版社，1996
7. 胡文铎、崔乃杰、高仲阳主编．国家基本药物及新特药临床指南．天津：天津科技翻译出版公司．1997
8. 张举之主编．口腔内科学．第二版．北京：人民卫生出版社，1995
9. 李伟忠、罗渝宁综述．金属蛋白酶在牙周病中的致病作用．国外医学口腔医学分册，1997，24，2:85
10. 李秉琦、温玉明主编．口腔疾病治疗学．天津科学技术出版社，1998
11. 徐治鸿主编．实用中医口腔病学．天津：天津科技翻译出版公司，1991

第十六篇

CHINESE STOMATOLOGY

口腔设备学

主编 **张志君**

作者 丁永敏 于海洋 王 虎 王艳清
华咏梅 刘福祥 沈贤华 李朝云
张长江 张志君 范 旭 胡 静
胡 民 荣天林 鲁 喆 雷成家
潘可风 张振国 张金麟 李项明
陈 刚 李唐新

第一章　概　　述

口腔设备学是口腔医学与其他自然科学密切结合在实践中逐步发展而形成的一门新的边缘学科，是在总结口腔医学设备的产生、发展、使用、维修和管理的基础上，结合当前口腔医学技术装备的实践，从口腔医学发展和卫生事业的需要出发，综合运用自然科学和社会科学的理论和方法，研究和探讨我国新的历史条件下，口腔设备的运行过程及发展变化的基本规律的学科。

第一节　口腔设备学的形成与发展

一、口腔设备学的形成与发展

口腔设备同口腔器械材料一样，是在口腔医疗实践活动中逐步产生和发展起来的。特别是 20 世纪 50 年代以来，随着社会经济的发展，科学技术的进步以及口腔材料的发展，口腔医疗设备得到了飞速发展，从它的历史发展过程来看，每当口腔设备的更新，口腔医学的理论与技术就会出现一次新的变革，充分显示了口腔医疗设备在口腔医学中的推动作用。口腔设备学就是在此基础上逐步形成和发展起来的。先进的设备和技术的应用促进了口腔医学的发展，另一方面又对口腔医学教育和在职人员的知识更新提出了更高的要求。医院经营体制改革如何发挥设备的使用率和完好率，提高其社会效益和经济效益已成为口腔医学界共同关心的问题。1990 年，由华西医科大学、北京医科大学、上海第二医科大学、第四军医大学、湖北医科大学、白求恩医科大学口腔医学院专家教授和口腔设备管理人员参加的口腔设备管理研讨会上，与会代表分析了口腔设备在口腔医学和口腔医学教育中的地位和作用，以及我国口腔设备管理及维修的现状，尤其是口腔医学教育分配制度改革和口腔医疗服务的需求，一致认为有必要设立口腔设备学课程，使用统一教材。1994 年由张志君、沈春主编，由上述六大院校完成了我国第一本《口腔设备学》教材，由联合出版社出版发行。1995 年，华西医科大学口腔医学院率先在口腔医学学生中开设《口腔设备学》必修课。此后第四军医大学、北京医科大学、湖北医科大学口腔医学院、皖南医学院等相继成立了“口腔设备学”课程组或教学组，开设了该课程，有的口腔医学院开设了选修课。《口腔设备学》已成为口腔医学生、口腔医师、口腔设备管理和维修人员以及各口腔医疗器材厂商的教科书和参考书，有的厂家将其作为培训教材。在当今世界上，已有相当数量具备口腔医学、理工学和工程学等专业知识的人才从事这一领域的研究和教学工作。包括各种门类口腔设备的进展、管理和教学等方面的探讨和总结。华西医科大学口腔医学院“信息化口腔综合治疗台”的研究课题，已申请获准卫生部基金，这是本学科申请的第一个课题。

口腔设备属医学技术装备的范畴，在英国称为“设备综合工程学”，其定义是“为使设备寿命周期费用最经济，而把适用于有形资产的有关工程技术、管理财务以及其他实际业务加以综合的学问”。在美国用“设备工程”或者“设备工程管理”的名称，把有关设备寿命周期费用的学说体系称为“后勤学”。我国 90 年代才形成的“口腔设备学”是根据中国国情而创建的，有着自身的学术价值和理论水平，是具有中国特色的一门新学科，正处于发展阶段。

口腔设备学是口腔医学的重要组成部分，属口腔医学的分支学科，其发展与其他学科，如理工学、经济学、口腔材料学、口腔技工工艺学、口腔生物力学、口腔生物工程学、医院管理学、社会学等的发展有着极其密切的关系，特别具有理、工、医学相互交叉的鲜明特色。

二、口腔设备学研究的内容

（一）口腔设备的含义

口腔设备是医学技术装备的组成部分。在国际上称为牙科设备（dental equipment），是指用于口腔医学领域的具有显著口腔医学专业技术特征的医疗、教务、科研、预防的仪器设备的总称。而与医

学专业相同的口腔病理、外科手术和放射等设备未列此类。

（二）口腔设备的分类

口腔设备品种繁多，按其口腔医学亚学科分类：

1. 口腔基本设备 主要指口腔各科共用的设备，如牙科椅、牙科综合治疗台、各型牙钻、牙科手机、激光治疗仪、光固化机、消毒设备等。

2. 口腔内科设备 主要用于牙体、牙髓、牙周及口腔粘膜等疾病的诊断和治疗的设备，如根管长度测试仪、超声波洁牙机、汞合金调拌器等等。

3. 口腔修复设备 主要用于牙体和牙列缺损修复的设备。按制作修复体的种类及加工工艺过程又分为成膜设备、胶联聚合设备、金属铸造设备、陶瓷修复设备、打磨抛光设备和其他辅助设备，CAD/CAM 计算机辅助设计与制作系统等。

4. 口腔颌面外科设备 主要指用于口腔颌面部疾病（如肿瘤、外伤、整形）以及颞颌关节疾病的诊断和治疗设备。包括各类手术设备、麻醉管理系统、监护仪等，但具口腔医学特色的是颌骨骨锯和颞颌关节内窥镜。

5. 口腔影像成像设备 主要用于牙体、牙骀、颌面及颞颌关节疾病的诊断，包括牙科 X 机、口腔曲面体层 X 线机、CT、B 超、牙科 X 线洗片机、口腔内窥镜等等。

（三）口腔设备学的研究内容

1. 口腔设备的发生、发展的规律。

2. 常用口腔设备学的基本功能和结构原理、操作常规、维护保养、常见故障及排除方法。

3. 口腔设备的管理，按设备运动全过程中物质运动和价值运动两种状态结合进行管理，包括计划管理、装备管理、应用管理和维修管理。特别是选购设备的因素和如何提高设备使用率和完好率，充分发挥经济效益，进行成本核算、效益评估等方面进行了深人的研究和探讨。

4. 口腔医疗装备的布局设施与环境要求，包括筹建口腔医院（诊所）的综合因素及其内部设计等等。

5. 医患姿位与口腔设备的关系。

三、口腔设备的标准及监督管理

口腔设备的标准包括产品标准、安全标准和技术要求，是评价口腔设备质量和性能的技术文件。各生产厂家必须向有关的质量管理部门申报，经测试符合标准后方可注册，投放市场。

国际上的质量管理部门是 ISO 国际标准化组织（International Standands Organization，ISO），该组织是一个国际性的、非政府性组织，由 84 个国家的标准化组织构成。其主要目标是制定国际级的标准，现已制定的认证系列是 ISO 9001，ISO 9002。欧洲及各国均有相应的负责验证标准的组织机构。我国亦在 1987 年成立了口腔材料和器械设备标准化技术委员会（简称 Tc 99），负责我国口腔设备和器械材料的国家标准和行业标准的规划、制定和管理工作。

（张志君）

第二节 口腔设备的发展

现代口腔医学是由古老的牙医学逐渐发展起来的。18 世纪中叶，在第一次产业革命以前，由于科学和技术水平的局限，人们对口腔疾病的认识还比较肤浅，因此治疗口腔疾病的方法处于较原始的阶段，所使用的治疗工具只是一些最简单的器械。随着自然科学技术的进步和社会工业化水平的不断提高，口腔医学理论与技术以及口腔材料的发展，逐渐产生了现代的口腔医疗设备和器材。现将国内外口腔设备按门类叙述其产生、发展和展望。

一、牙钻和牙椅的发展

（一）牙钻的发展：按动力源分为三个阶段。

1. 初始阶段 主要以人力为动力源。此时正是第一次产业革命前后，瓦特虽然发明了蒸汽机，但当时的新技术用于发展社会化生产的主要工业，没有带来牙科器械的变革。这一时期的牙钻为弓钻。

18 世纪中叶，英国最早发明了以发条为驱动的牙钻，称为“森马伊”式牙钻，并用于临床。据记载，该机上一次发条，能够转动 2 分钟。当时，引起人们注意的是手机部分与动力机体成为可更换的组合结构，并配制了直机头和弯机头。弯机头的传动靠伞形齿轮来完成，而且增加了车针的变速装置，为牙钻的发展奠定了基础。

1866 年肯尼迪将剪羊毛用的手转剪的动力传

动改为脚踏式传动。莫里森将这种脚踏式传动应用于牙钻，进一步改进了传动方式，明显地提高了转速，可达700r/min，延长了转动时间。根据临床需要又出现了易弯式和转轴式传动，其手机与现在的手机相似，转动臂与人的手臂和手腕相仿。这种牙钻使用了近百年，三弯臂延续至今。当今，个别边远地区仍在使用。牙钻的产生和发展使切割牙体组织成为可能，为龋病的治疗提供了新的手段。

2. 发展阶段　主要是以电力为动力源的电钻时期。19世纪中后叶，经过两次工业革命，电的发明和应用极大地推动了社会工业化进程，电器引擎的迅速发展，产生了以电池作为动力的牙钻。电动牙钻的产生提高了牙钻的切割速度，提高了手机操作的稳定性、精确度和治疗效率。

20世纪初期，出现了壁挂式易弯臂牙钻，其转速达4000r/min，弯臂、平衡臂和滑轮组与现在的牙钻结构相似。脚踏调速开关的应用再次提高了牙钻的转速。牙钻手机配备了空气冷却装置，以解决手机转速快引起的产热问题。从此，牙钻得到了广泛应用。

其后，在日本出现了转速为1800～4000r/min的牙钻。欧洲市场出现了转速为6000r/min的牙钻，都是采用串激式结构的电动机。这种电动机具有切割速度快，使用安全和方便等特点，与目前国内使用的立式、台式及综合治疗台的电动机的工作原理相同。为保证手机在口腔内转动安全，电动机内设置了制动装置，并将风冷装置改为喷水冷却装置，同时增加了吸水排唾等辅助设施。

3. 现代阶段　这一阶段是以流体动力为动力源的高速涡轮牙钻时期。20世纪中叶以来，为使牙钻高速化，增大了电动机传动轮的圆周比，并在手机上增设了轴承，以提高电动牙钻的转速。此后，在英国、美国和日本相继出现了以压缩空气、水压和池压为动力源的涡轮牙钻。在激烈的竞争中，水压和池压为动力源的涡轮牙钻很快被淘汰，气动涡轮牙钻占据市场。其转速高达40～50万r/min。由于超高速钻牙，扭矩力大，切割能力强，采取水冷和水气混合雾冷却方式，不仅减轻对牙髓的刺激和患者的痛苦，也降低了医师的劳动强度。

现代的牙钻主要有高速、低速气动牙钻和低速电动牙钻，并不断向微型和多功能发展。近年来，国外又推出了“激光牙钻”，能使患者在无痛苦的情况下接受治疗。

（二）牙科手术椅

牙科手术椅，简称牙科椅或牙椅，在口腔疾病的治疗中起着重要的作用，其发展与牙钻相似，大体分为三个阶段。

1. 初始阶段　最早用普通座椅或将普通座椅稍加改造作为牙科椅使用。其功能主要是稳定患者的体位，方便医师操作。1790年出现了稍加改造的牙科椅，其上有固定的头托，右扶手可以放置器械，带有4个脚轮，可以推动和转动方向，以利于变换椅位。

2. 发展阶段　1875年出现手摇式牙科椅。其右侧摇把调整椅位高低；靠背用把手调节，以接近水平位；头托的方位亦可调节，能用把手锁紧；左边配有漱水系统和痰盂，并配有器械盘，与目前使用的油泵牙科椅相似，脚踏板宽大、方便。牙科椅发展到这一阶段已经比较完善，所需的主要功能均已基本具备。

20世纪初期，牙科椅装配了液压装置，称为油泵式牙科椅，很快普及并延续至今。其优点是性能好，故障少，使用寿命较长，能满足口腔疾病的一般治疗。

3. 现代阶段　现代的牙科椅为电动式牙科椅。其椅位的升降、仰俯甚至头靠角度的调整均用电动调节，患者的治疗体位从坐位变为卧位，既可使患者感到舒适，也方便了医师操作，克服强迫体位，减轻了劳动强度。

（张志君　张振国）

二、口腔综合治疗台的发展

口腔综合治疗台是口腔医学最基本的设备，被称之为“口腔医师的工作伙伴”，诞生于20世纪30年代末期。半个世纪以来，其发展经历了从原始的生活座椅加简单的器械台到机椅医护工作区及相关的设备器械一体化集成；从机械低速牙钻、自然采光到射流（气动）高速牙钻、光纤照明；从简单的手工操作到自动化、电脑程序控制；从患者的固定体位、医师的强迫体位到可随意调整、舒适安全体位的过程。

（一）口腔综合治疗台的发展现状

现代牙科综合治疗台已综合应用了当代各项高新技术如微电子技术、计算机技术、医学图像处理技术、光学技术、超声技术等，围绕着美观舒适、

高效多能、安全卫生等方面，在设计、结构、选材、工艺等方面不断创新，目前已达到了比较完善的外形、技术、质量、功能和环境的统一，综合体现了精细切削、自动控制、人机工程、机电一体化等20世纪末期的科技水平。

1.美观舒适　依循人体工程学原理，突出以"人为中心"的设计思想，牙科椅的外形及头靠符合人体生理曲线，座垫柔软光滑，椅位调整平衡，使患者在最舒适的体位下接受治疗。

为减轻医师的劳动程度，使医师在最佳的体位下操作，厂商进行了大量的研究和创新：超薄的靠背设计可使医师和助手充分贴近患者；治疗台的支臂轻巧、动作精确、活动自如，医生能方便地取用各类器械，便于持续操作而不易疲劳；有的产品用电动机驱动医师控制台，只要医师轻轻用脚踏开关启动，就能使器械台准确到位；手机的重量、外形和平衡感等都经过人体工程学与手解剖形态的专门研究，触感好，使用起来轻巧精确和舒适。日本MORITA公司积极倡导PD操作新概念，推出合一式治疗机，将器械从椅背上取出，病人全卧位，医师在12点位操作，最大限度地满足医师和病人舒适要求。

2.高效多能　主要体现在提高治疗效率和功能多样方面。电脑程序控制、气动高速牙钻、光纤手机，加上可配置牙髓活力测试器、超声波洁牙器、高频电刀、光固化机等设施。医生能在治疗台上完成牙髓活力测试、牙体钻削切割、牙体组织洁治、根管治疗、光固化修复和牙龈及牙周手术等多种治疗。近年来，以口腔综合治疗台为中心，可配备心电监护、口腔内窥镜、口腔X线显影系统等辅助装置。这种多机一体化、功能多样化的综合治疗台，使口腔医师能快速、准确、有效地进行治疗。

3.安全卫生　主要体现在预防交叉感染和保护环境两个方面。

口腔医师在操作中常常会接触到患者的血液和唾液，导致各种传染病如乙型肝炎（HBV）和艾滋病（HIV）等在医患之间和病人之间的传播。口腔综合治疗台的器械，特别是手机、三用枪及医师的手，则可能成为交叉感染的媒介。因此，预防交叉感染已成为口腔医学界和生产厂商共同研究的重要课题。生产厂商从产品的外形、器械的设计和材料的选择等方面着手进行改进和创新，以求预防交叉感染，牙科椅的外形设计成流线形，选用抗老化、不变形、易清洗消毒的材料，大面积膜压无缝靠垫，周边光滑便于清洗消毒。

手机和三用喷枪是引起交叉感染的重要途径。尤其是手机的唾液回吸不能用表面消毒处理，必须采用高温高压消毒，而一般的手机不能承受多次高温高压。为此，厂家一方面不断研制耐高温的手机材料，另一方面在手机内部装配冲洗系统或防回吸装置，可阻止唾液回吸手机。

为减少医师的手在操作中的交叉感染，椅位的调整、器械的控制等均用脚控开关。各种功能均编入电脑程序在荧光屏上显示，全部操作包括手机和牙科椅的控制均可由一个脚控开关来完成，器械臂亦可自动到位和复位，手术灯采用感应式开关。

为保护环境，德国、意大利产高档口腔综合治疗台设计了汞分离装置，利用电子吸附处理技术将汞吸附后再排放废水。有的厂家生产的口腔综合治疗台配有带自动分离的抽吸系统，排除菌尘。

（二）国内外口腔综合治疗台的发展趋势

随着科学技术的进步和口腔医学事业的发展，21世纪的牙科综合治疗台将孕育着一场新的技术革命，主要体现在以下几个方面：

1.口腔综合业务单元　信息化口腔综合治疗台将成为口腔医疗机构的标准技术装备。这种综合治疗台在研究口腔医疗工作信息状态及流向，以及最佳处理系统的基础上，应用数学采集、多媒体、医学影像数字处理、人工修复体CAD/CAM、高速网络及局域网络等技术，建立以高速信息采集传输处理为核心的口腔综合业务信息化系统，包括医院内影像、检验等辅助诊断，口腔修复制作中心，急救管理，以及电子病历、计费POS等综合服务中心的数据交换和处理，使之与现代技术水平的综合治疗台整合为新型的口腔综合业务单元。意味着口腔综合治疗台从工业革命产品向信息革命产品的跃升，并且可能带动口腔医疗设备领域新一轮的工业增长和经济发展。

2.牙科综合治疗台自身技术的重大变革　其主要功能的涡轮式牙钻，将有可能被激光代替。尽管涡轮牙钻比电动牙钻相比具有高速、轻便、安全的优点，但存在着疼痛、噪声、震动、需要麻醉，以及交叉感染等问题。人们开始寻求代替牙钻的设

备和技术，目前激光治疗机和射流治疗机（喷磨制洞机）已开始在临床推广应用。1997年，美国FDA批准铒激光（Er:YAG）可用于人体牙体组织临床应用。经临床实践证实，铒激光具有无痛，不需麻醉，无噪声和振动，可消毒窝洞及根管，亦可减少出血等特点，从而使病人免除了心理压力，被人们称为代表“21世纪牙科技术”的发展方向。尽管其不能形成窝洞的倒凹，对汞合金充填固位有一定缺陷，但伴随着牙科充填材料的发展和环保观念的强化，激光代替牙钻去除龋蚀，制备洞型是可能的。

3. 在追求豪华舒适、质量可靠、安全卫生的同时，将继续推出独特的设计风格和个性化特征的产品。

（张志君）

三、口腔修复设备的发展

口腔修复设备的发展与修复材料和科学技术进步密切相关，经历了20年代的去蜡铸造，30年代的丙烯酸树脂，50年代的金属烤瓷，60年代的复合树脂（化学固化和光固化），70年代的种植牙，80年代的烤瓷冠与铸钛，90年代的CAD/CAM辅助设计与制作系统。每一种新材料的开发和应用，即伴随着一批相应的设备的推出。

口腔修复设备按制作修复体的材料和制作加工流程可分为成膜设备，交联聚合设备，金属加工设备，陶瓷加工设备，打磨抛光设备和系统控制设备等。

（一）成模设备

用于制作模型和代型的设备，包括琼脂搅拌器、石膏模型修整机，模型灌注机，模型切割机，观测仪等。

（二）交联聚合设备

用于制作塑胶、复合树脂等高分子材料修复体的设备。

丙烯酸树脂（又称塑胶）产生于30年代，1935年西德Kulzer公司首次推出了热固化丙烯酸树脂托牙paladon，逐步用于可摘局部义齿和全口义齿的修复，取代了当时使用的硫化橡胶托牙，使义齿修复解决了硫化橡胶存在的色泽、变味、卫生及操作技术等方面的问题。丙烯酸树脂托牙的制作需经过取印模，制作卡环和支架、蜡型、包埋、装盒、去蜡、填塞、聚合和打磨抛光等过程。早期采用最简单的热水冲蜡、手工填塞、水煮聚合。60年代以后，逐步推出了石膏模型修整机、冲蜡器，聚合器、𬌗架，技工打磨机等等。为保护打磨引起环境污染，打磨机上装了玻璃防护罩和抽吸装置。

丙烯酸树脂牙制作繁琐，并造成环境污染。60年代推出了复合树脂修复材料，其固化过程包括化学固化和光照射。新型的可见光复合树脂材料，具有理化性能较好，色泽美观，表面光滑，便于成形等优点，对切角缺损及牙面修复有良好效果，满足了人们对美齿、美容的需求，现已普遍应用于临床。该材料必须在可见光特定波长（400～500nm）范围内照射下固化，产生了光固化机（或光固化灯）。理想的光固化机应具有高光照度（>60000lx），更深更广的光固化效果，持续操作，且操作简便，使用安全等。光固化树脂修复技术，虽然为口腔修复提供了新的手段，但仍存在脱落，变色和对牙髓的刺激以及强度、耐磨性差等问题，使用比较局限于前牙。

（三）铸造设备

牙科铸造设备起源于20世纪初期。1907年，Taggant将铸造法用于牙科修复。1930年，首台碳化硅电阻加热气烧炉问世以来，开始了冠、桥、嵌体及支架等金属铸件的临床应用和烤瓷熔附金属的修复的研究。欲获得金属铸件必须具备熔化金属和将熔化金属注入铸膜腔两个程序，铸造设备就在此基础上随着金属材料的发展而不断发展和完善。早期熔化金属的热源采用汽油-空气吹管，空气与汽油蒸气由脚踏风箱（皮老虎）供给，适用于中、低熔合金。随着非贵金属高熔合金如钴铬合金、镍铬合金的应用，逐步采用了乙炔-氧气吹管、碳柱电弧和高频感应熔金。铸造方法包括蒸气压力铸造、离心铸造和真空充压（或真空吸铸）铸造和真空离心铸造。目前临床上常用的铸造机有电动离心铸造机、高频离心铸造机和真空充压或加压铸造机。应用最广泛的是高频离心铸造机。

1. 高频离心铸造机 产生于50年代，60年代开始引进我国。80年代初，天津医院设备厂首先推出并与华西医科大学口腔医学院联合举办多次高频铸造技术培训班，逐步将高频铸造技术在全国推广，使铸造工艺逐步代替了锤造工艺，为固定修复和烤瓷技术在我国中小城市的广泛应用奠定了基础。高频铸造具有熔化金属速度快、均匀，被熔化金属元素丧失小，操作方便，成功率高，噪音小等

优点，是临床上比较理想的铸造机。其铸造合金有中熔、高熔合金。

现代高频离心铸造机已具备以下特点：

（1）电脑程序控制，液晶数字显示铸造时间和温度。

（2）冷却（风冷、水冷）效果好，可连续铸造。

（3）铸造过程可装备摄相系统显示。

（4）有的机型注入氩气保护，以防止熔化金属的氧化，增加铸造精度。

2. 牙科铸钛机　由于钴铬、镍铬合金等非贵金属修复材料存在生物相容性差、硬度大和过敏等问题，人们又在寻求新的修复材料。金属钛以其良好的生物相容性和机械性能（膨胀系数小、低热传导性、耐腐蚀性、无过敏）和重量轻（是黄金的1/4）等特点，有可能成为21世纪代替现用合金的新型的口腔修复材料。

由于钛及其合金具有熔点高（1668℃），在高温下具有很高的化学活性，易氧化，与包埋材料和坩锅等产生反应等特点，在加工过程中需要采用特殊的熔炼方法、造型工艺和防止污染的设备。尽管在1948年电阻加热、感应加热和钨电弧熔化法开始用于工业铸钛，以及50年代日本金竹等已开始研究钛在牙科的应用，而真正的牙科铸钛机和铸钛技术的产生还是在80年代Lida和Waterstrat等相继报导了用真空装置和电弧熔解方式组合而成的牙科专用铸钛机制作牙冠之后。但是由于钛的流铸性和铸体内气孔以及适合性等问题，早期铸钛成功率较低，使铸钛义齿未能在临床普及推广。90年代以来，随着铸钛机的改良和完善，铸钛技术及包埋材料的发展，才使铸钛义齿成功率不断提高，质量更加可靠。铸钛基托及以冠桥为主的铸钛义齿在发达国家已广泛用于临床，并开始引入中国。

牙科铸钛机按铸造压力和熔解热源不同进行分类，按铸造压力可分为差压（加压或加压吸引）式和离心式铸钛机，按熔解热源又分为电弧熔解式铸钛机和高频感应熔解式铸钛机。现在国际上已开发出十多种品牌的机型，主要有4种类型即压力铸钛机、加压吸引铸钛机、离心铸钛机和加压吸引离心铸钛机。目前，进入我国市场的有德国和日本森田真空加压吸引式铸钛机。1995年第四军医大学口腔医学院与渭西轻工通用机械厂合作研制的第一台国产牙科用离心铸钛机，具有真空铸造，压力铸造和离心铸造的优点，并用微机控制，已在临床试用，但其质量和工艺尚需进一步改进和完善。铸钛机一般由浇铸系统，铸造工作系统，自动控制系统和真空泵组成，在铸钛过程中，金属钛必须在真空并充入氩气的炉室中用电弧熔化，采用真空加压吸引方式铸造，才能保证铸造的成形质量。因此，由于钛的熔点高、易氧化的属性，铸造加工技术复杂，包埋浇铸条件高，加上铸钛机价格昂贵、成本高，铸钛义齿修复在我国尚处于起步阶段。

（四）陶瓷修复设备

陶瓷作口腔修复材料已有100多年的历史，经历了全瓷→金属烤瓷→高强度全陶瓷的过程。1884年Brown用瓷熔附于铂杆上形成桥体牙。1889年Land研制瓷全冠问世。由于瓷对组织无刺激，表面光滑易于清洁，人们即开始制作全瓷固定桥，但因脆性大、抗张强度低、易折裂等问题使其临床应用受到限制。20世纪初期，铸造法用于口腔修复，40年代初开发出首台烤瓷炉。50年代初期美国研制用烤瓷与金合金联合制成修复体（简称金-瓷修复）成功，该技术使瓷的美观与金属材料高强度，抗折裂等优点结合，弥补了全瓷修复脆性大易折裂的缺点，使修复体达到美观、耐用效果而很快在临床推广应用。烤瓷技术70年代末开始引入我国，目前在大中城市已得到较为广泛的应用。

随着金属烤瓷修复技术的发展，其设备的品种逐步增多，按制作工艺需要成模设备、金属加工设备、烤瓷设备和研磨设备等。

1. 烤瓷炉　烤瓷炉是制作烤瓷修复体关键设备。经历了从电烤瓷炉到真空烤瓷炉、从手工操作到计算机程序控制的过程，现代烤瓷炉已具备以下性能：

（1）计算机程序控制，在一定范围内，每个程序可自由设定和更改或中止。

（2）操作简便，自动烧烤时间和温度可准确控制，屏幕显示，并能自动冷却，快速降温。

（3）炉腔容量大，升降平衡，密闭良好，炉腔内各部位温度均匀一致，加真空不降温，保证真空。

（4）有安全保护系统，设有故障检测和报警信号等装置。

我国目前尚没有成熟的产品，主要靠进口。各

类产品已基本上具备上述性能，其程序设定在100～300甚至更多，最高烧烤温度在800～1200℃之间，一般只能达800～900℃。

金属烤瓷包括贵金属和非贵金属烤瓷两种技术，贵金属烤瓷的金属内冠多用金、钯合金，其优点是瓷与金属结合好，但价格昂贵，在发达国家应用较多。而非贵金属烤瓷的金属是钴铬、镍铬合金。这种金属烤瓷尚存在不足：由于金属的存在，使修复体光学效应不如真牙，如金属透射，颈部瓷层薄，颈缘显灰色，外观不理想加上有患者对合金有过敏反应（据报道，德国有14%妇女对镍合金有过敏，现已停止使用）等等。人们又开始进行全瓷修复体的研究。80年代后期，出现了无金属铸造陶瓷技术，90年代中期，又出现了超瓷复合纤维桥（Targis/Vectris）技术，这两种新型的瓷修复技术不同于烤瓷技术。

2. 铸造陶瓷 铸造陶瓷技术的代表产品是Empress和Dicor铸造陶瓷机。前者为热压铸造，可铸造玻璃陶瓷修复体，具有牙体密合度好，硬度、透明度、折光率与牙釉质类似的优点，达到了全瓷修复体在物理学和美学上的要求，可用于制作冠、嵌体和贴面。Empress铸造技术在西方发达国家，尤其是美国应用较多，在我国应用较少。但是，随着人们生活水平的提高，牙齿保健意识增强，缺失牙的情况减少，使用Empress铸瓷技术患者将有所增加。该技术因其抗折裂强度低、脆性大，又不能制作固定桥，加上价格昂贵，铸造时间长而在临床推广应用受到一定限制。

3. 超瓷复合纤维桥（Tasgiss/Vectris）技术系1996年推出，首次将太空复合纤维材料引入牙科修复领域，该材料质轻、半透明、有较强的抗折力、耐磨性好、硬度似牙釉质、效果逼真不易崩瓷，其瓷颗粒结合不需高温，而是在全自动的电脑程序控制的VS_1聚合机中通过光照聚合，具有烤瓷的美观，树脂的操作技术，综合了树脂和陶瓷两种材料的优点，处在临床应用阶段。

（五）打磨抛光设备

主要用于打磨抛光修复体，包括喷砂机，技工打磨机，电解抛光机，超声波清洗机等。其中以喷砂机发展较快，为适应小型修复体的打磨抛光，厂家推出双笔或四笔式喷砂机；增加石英砂颗粒的类型可选；为减少打磨抛光时粉尘对环境污染，推出了湿粉喷砂机。

（六）CAD/CAM（computer aided design and manufacture）**计算机辅助设计和制作修复系统**

CAD技术是信息技术（计算机网络通信，数据管理等）和设计技术相结合而产生的一门高新技术。产生于70年代。早在1973年，国际信息处理联合会给CAD一个广义的定义：CAD是将人和机器混编在解题中的一种技术，从而使人和机器的最好特性联系起来，通过人机对话进行信息交流。一个完善的CAD系统是由科学计算、图形系统和数据库三方面组成。在口腔医学领域，1973年Duret从理论上描述口腔CAD/CAM技术，1975年由Altschuler等人解决了印模数据化，1983年第一台CAD/CAM修复系统问世，1985年Duret首次用CAD/CAM机设计制作了一个后牙修复体。在进入90年代以后，世界各国已开发出十几种口腔CAD/CAM系统。可设计制作局部固定义齿。最早被广泛应用于临床的是Cerec系统。该系统由三维口内摄像机、显示器、键盘、轨迹球、切削车床和图像处理、加工软件等几部分组成。最近几年经不断完善不仅能设计制作嵌体，3/4冠，瓷贴面，还可制作全冠，亦可对烤瓷破损、楔状缺损、畸形牙和切端缺损等进行修复，该系统加工材料主要为陶瓷，采用切削法，使用方便，设计制作一个修复体不到40分钟，加工精度为100～200μm。目前世界上已有数千台应用于临床。其他系统还有法国Sopna系统，德国Dux系统、瑞士Celay系统及procera系统等等，在信息采集手段、取印模方法和加工材料等方面有所不同。

我国对计算机辅助设计局部义齿系统和全口义齿排牙系统研究工作较早，但尚不能与CAM接口，靠引进商品化的系统制作嵌体和全冠。

CAD/CAM修复系统是一项代表口腔修复工艺未来的高新技术，标志着口腔修复工艺进入“计算机时代”，使传统的口腔修复工艺继19世纪锤造工艺、20世纪铸造工艺之后再次产生的一次飞跃，从手工操作到自动化、智能化的突破性转变。但其精确度、加工材料配色及粭面抛光等存在一定的问题，亦有发现嵌体折断、继发龋等现象，加上价格昂贵，推广普及尚有一个过程。目前尚需在取印模方法、软件开发和精密机床及加工材料等方面不断改进和完善。

（七）口腔修复设备的发展展望

1. 计算机及图像技术将成为口腔修复设备的重要组成部分，除单台设备加电脑程序控制外，修复体的设计制作均采用计算机和图形图像技术。CAD/CAM 修复技术应用更深入和广泛。现有 CAD/CAM 辅助设计与制作系统将不断完善，信息采集、切削方法及修复材料将不断改进和创新。

2. 随着修复材料的发展，特别是生物复合材料在口腔修复中的应用，口腔修复体正向着自然、逼真、美观、舒适方向发展，将不断推出新型的口腔材料和设备。如研究高强度陶瓷制作全瓷修复体以代替金属烤瓷，需开发超高温、超真空的陶瓷烧结炉以及相应的供成形的冷静压炉等；铸钛机将不断的改进和完善以提高铸钛的成功率并在临床推广应用；各类新型的复合修复材料及设备也将推出在临床应用展示其生命力。

3. 随着现代科学技术的进步和工业化管理体系发展，口腔修复体加工技术和工艺将可能产生重大的变革，传统的小作坊式的技工室（或加工中心）将可能用现代化工业 MIS 信息控制加工系统进行改造，医生和技工室之间从设计到制作将用信息网络系统交流和控制；技工室内部各加工流程均有标准化的控制软件进行管理，使修复体的加工技术从手工操作到自动化、智能化方向发展，从经验性、感觉性逐步向规范化、精确化发展。

4. 随着环境保护意识和法制的加强以及市场的需求，修复设备将不断改型和完善，向着高效、卫生、减少环境污染和减轻医技人员的劳动强度方向发展。

（张志君）

四、口腔医学图像成像装置的发展

在现代医学中，医学图像占有非常重要的地位，为疾病的诊断和治疗提供必要的参考依据。医学影像设备集中了当代多种科学领域的最新成果，目前已成为医院诊断水平现代化的重要标志。不仅可详细地观察分析体内脏器的结构，病灶位置大小、范围，而且还能进行功能性的判断。

医学成像技术可分为 X 线成像、磁共振成像、超声成像、核素成像、红外线成像及内窥镜成像技术。这些成像技术已应用或逐渐被应用于口腔医学领域，为口腔医学事业的发展做出了贡献。

（一）口腔 X 线成像设备

口腔 X 线机的发展经历了 100 多年的历史。1896 年 Roentgen 发现 X 线后几个月就产生了 X 线机。Kells 拍摄了第一张口内 X 线片。1905 年西门子公司制造出世界上第一台牙科 X 线机。1930 年 Vellebonna（意大利）创用体层摄影后，芬兰人 Peatero 在二战后设计出曲面体层 X 线机，1954 年进入商品化投入临床使用。1971 年 Hounsfield 和 Ambrase 发明了电子计算机断层摄影（CT），已应用于口腔颌面部疾病诊断。

1. 牙科 X 线机（dental X-ray set） 主要用于拍摄牙及牙周组织，是目前大多数口腔医疗单位具备的基本设备。按安装方式的不同，分为移动式和不可移动式。不可移动式又分为壁式、座式和附设于综合治疗台三种。根据焦点的不同，又有普通焦点和微焦点两种。普通焦点为 0.8mm×0.8mm 或 0.7mm×0.7mm；微焦点为 0.3mm×0.3mm。牙科 X 线机从 70 年代后期以来，从外观性能、控制系统调节方式、曝光时间的范围以及减少机器散射及防护等方面都有了长足的改进。复杂而不稳定的靠螺丝紧固的机械臂已被淘汰，旋钮式的机械调节也不复存在，代之以内弹簧的固定和电脑控制的触压式开关。机器外观越来越精巧，操作更加方便，球管重量减轻延长了机臂的使用寿命。但存在着一定的问题：由于球管重量的减轻、体积减小，其散热程度减少，散热时间比加大；球管内防护装置减少或取消而造成机夹漏射线和散射线超标；在病人较多的情况下，机器不能得到充分散热而造成球管损坏等。

牙科 X 线机在很长一段时间内还将继续存留下去。其发展方向可能会向微焦点方向发展，同时使用带增感屏的牙片或采用高感度的胶片，以增加清晰度、减少辐射量。随着数字化牙片机的出现，传统的牙片机将受到一定的冲击，但能否完全取代传统牙片机还很难预料，因为数字化牙片机价格较昂贵，而传统牙片机则具有较大的价格优势。

2. 数字化牙科 X 线机 随着电子计算机应用的广泛深入，80 年代后期，一种被称为 X 线直视摄影机（radiovisiography，RVG）应运而生。这套装置除传统牙片机外，还带有一套电脑处理装置。牙片机一般是两用的，有一功能键可使机器处于不同的投照状态。RVG 采用 CCD 传感器，并有一线

连接装置与主机相连，投照时将传感器放入口内所需投照位置。拍照后，传感器接收到由X线产生的信号，传入计算机内进行图像转换处理，在荧光屏上显示出牙及牙周组织的影像。可根据需要，对检查区进行放大、伪彩色等处理，以便更清楚地了解病变。并可将影像打印出来。RVG成像速度快、缩短了病人的等待时间，而且不需使用胶片及化学冲洗过程，减少了环境污染。RVG的出现，更新了传统牙片投照的观念。也存在一定问题：首先是传感器体积大而厚，放入口内病人感觉不舒适，不易放在最佳摄影位置，造成影像失真或不能将牙齿照全，对于下颌后牙特别困难；其次是线连接方式，易造成线路损坏，而本身传感器价格比较昂贵且不易配制；第三，传感器的消毒亦存在问题。

DIGORA的出现改善了RVG的不足。DIGORA是由影像板和与电脑相连的读出装置连接组成。影像板（Imaging Plate）是由包埋于聚合体结合剂中及位于合成树脂基表面的磷颗粒构成的，且无线连接。影像板与一般牙片大小相同，有两种规格可选用。其厚度与牙片相似，很容易放入口内，位置也较准确。投照时，被照部位的信号被影像板接收。投照后将影像板取出，放入读出装置（激光描扫器）中，激光通过屏发生偏转形成的模拟信号被释放并转到光探测器，模拟信号逐段数字化并产生每线特定数量的象素。整个影像在计算机屏幕上显示。DIGORA有良好的信/噪比和较大的宽容度，可避免过度曝光或曝光不足。在计算机上可对图像显示的各部位进行细致观察，可进行线距、角度、密度测量；也可调节对比度、亮度、边缘增强、黑白反转、局部放大、伪彩色及复制等。但DIGORA也存在一些缺点，如影像板太硬，不易随意安放；打印出来的影像不如传统的牙片清晰，主要是打印过程中信息丢失所致。

数字化牙片机的出现，无疑是对传统牙片的巨大冲击。它拓宽了诊断范围，并减少了患者所吸收的剂量。以前牙为例，用E-Speed牙片投照，其曝光时间为0.2秒，而RVG和DIGORA仅需0.02秒。随着经济的发展，数字化牙片机会占有越来越重要的地位。

3. 曲面体层×线机（orthopantomography）又称全景X线机。主要显示上、下颌牙及颌骨的情况，是专门为口腔所设计的一种X线机。其工作原理是根据体层摄影和狭缝摄影的原理，通过三轴连续转换而获得全口牙颌影像。曲面体层X线机70年代中期进入中国，经过近20年的发展，机器的形态、操作性能及功能都发生了明显的变化。如升降系统由手动变成程序自动控制；机壳由铁合金变成塑料以减轻机器重量，由弯曲型片盒改成平面形；球管曝光窗口由一个变成多个；由单一曝光程序变为多个程序，配合不同的曝光窗，获得不同部位的影像；并可根据所需拍摄区，选择局部曝光，以减少辐射剂量。近年来，各生产厂家纷纷推出了颌骨纵断程序，以了解牙槽骨的高度和厚度，但影像的清晰度还有待进一步提高。

曲面体层X线机发展过程中另一显著的特点是一机多用。80年代中后期生产的机型几乎都带有头颅固定装置作为头影测量X线摄片，以获得颅面诸骨的关系及软组织貌的数据，为错𬌗畸形的诊断和治疗提供重要的参考依据，并可比较治疗前后的变化和疗效。除头影测量外，还可拍摄后前位、华氏位等，以了解上下颌骨的病理改变。

4. 数字化曲面体层X线机　与传统的曲面体层X线机不同，数字化的曲面体层X线机不需要胶片，亦不需要暗室化学技术来获得X线影像。它是通过X线照射，将所得信息通过PC直接接收，主机系统将数字信号转换为图像，快速地显示在荧光屏上。在电脑上有多种调节方式，根据不同需要进行选择。它的优点是：①节约病人等片时间，加快了诊断速度。②比传统的诊断更加细致。在屏幕上可调节对比度和亮度以获取所需影像，影像的高分辨率有助于医生的诊断。同时可调节色彩、伪彩色、清晰度，利用鼠标移动选择器框，也可进行图像放大。③记录更完整，PC自动储存记录每位患者的全部X光图像，需要时可调入屏幕、复制或打印。④不需化学冲洗有利于环境保护。

数字化的全景X线机还同时配有头影测量装置。通过插入遥控X线照像装置的专用数字式传感器，即可进行全景又可进行头影测量遥控X线照像。配备特有的软件，可对头影测量片进行分析。

5. 其他X线设备及辅助设备

(1) 普通X线机：在口腔专科医院，普通X线机亦是不可缺少的设备。一般都为200mA以上，并带有断层摄影装置，平片摄影多用于颞下颌关

节、上颌骨、下颌骨以及术前常规胸片等。断层摄影则多用于关节造影断层，上颌骨等。

(2) 口腔颌面部CT：计算机技术的应用，使X线影像更加清晰。它有很高的空间分辨率，可显示软组织的病变，还能进行影像的三维重建，使病变更直观的显示。对于颌面部肿瘤、骨折及颞下颌关节病有很高的诊断价值。但对于牙则无法显示清楚。

（张志君 王 虎）

五、口腔其他专用设备的发展

口腔其他专用设备多是电子医疗设备。近代电子技术的迅速发展，已经广泛地渗透到医学领域，研制出各类电子医疗设备，作为诊断、治疗、监护和康复手段在口腔医学上的应用也越来越广泛和深入。如低频、中频电流及红外线能够促进局部血循环，起到镇痛、消炎作用。微波、射频小功率时可加强代谢过程，提高组织的再生能力，大功率时对肿瘤细胞的生长有一定的抑制和杀死作用。低能量激光具有抗炎和促进上皮细胞生长，高能量激光则可切割、烧灼组织等等。

口腔电子医疗设备是当代高新技术（如电子技术、计算机软硬件技术、信号及图像处理技术等）最新研究成果与生物学、口腔医学相结合的产物。可按其结构原理和临床功能分类：按结构原理分为机电、声电（超声）、光电（光固化、激光、红外、紫外）等设备；按临床应用又分为诊断（测量分析）设备、治疗设备、监护设备、技工制作、消毒等辅助设备。

口腔电子诊断设备最常用的是牙髓活力测试器、根管长度测定仪、咬殆力计、颞下颌关节运动分析系统、颞下颌关节内窥镜以及口腔内窥镜等。常用的治疗设备是牙科电机、口腔综合治疗台、超声波治疗机、光固化机、激光治疗机、微波治疗机、高频电刀、颌骨动力系统、麻醉机等。技工制作设备包括模型的修整、包埋、铸造、打磨、抛光等系列设备。监护设备主要指在口腔颌面外科手术及危重医学中使用的各类监护仪等。

口腔电子医疗设备在口腔医学领域中的广泛应用已取得了令人瞩目的成就，将口腔医学从定性的经验性的阶段逐步推向了定量的科学性阶段，有效地提高了口腔医疗的诊治水平，大大促进了口腔医学的发展。随着世界科技进步，特别是电子技术和电脑技术的飞跃发展，21世纪的口腔医疗装备将成为电子医疗设备时代。其发展趋势是微电子化、智能化、多功能化和遥测传输。

微电子化 口腔电子医疗设备已淘汰分立式元件，普遍采用集成电路和微处理技术，并使设备部件插件组合化。这样能将设备制造得小型轻巧，便于携带，操作自动，功能多样，使用安全，便于维修。如法国SATE-LEC公司近年才推出的P5型洁牙机，是目前世界上体积最小、功率大的多功能超声波治疗机，其体积小及可以放在检查托盘内，甚至外衣口袋内。使用方便，适用。

智能化 是指计算机软硬件技术在口腔医疗设备中的应用，主要包括①仪器本身的程序控制。②进行数据采集、分析、处理、储存、显示、打印。③CAD/CAM计算机辅助设计、制作系统等三个方面，使口腔电子医疗设备达到自动、高效、直观和安全。

多功能化 主要表现为单项（或一维）测量指标向多项（或二维）指标同步测量发展以及设备功能由单一功能向多种功能发展。如美国Myo-micas公司推出的K6-1型颞颌关节运动诊断系统，不仅能测量下颌运动功能，还能对咀嚼肌进行八导肌电描记和颞下颌关节咬殆音的记录。超声波洁牙机已从单纯洁牙发展到包括龈下刮治、根管扩大以及金属修复体的拆除、抛光等多种功能。

遥测传输 是指有线测量向着有线遥测或无线遥测方向发展。心电、脉搏、呼吸、血压等监护装置从床旁到中央均趋向有线遥测。国外监护仪已可通过生物信号数字传输技术，以通讯方式实现心电信号的传递和联网，使家庭监护与医院护理紧密结合起来，加上图像传输装置，不仅可作远距离诊断，还能指导手术的进行。

(一) 口腔超声设备

超声波由于具有无损伤及高灵敏、高特异性，使医用超声仪器成为临床四大影像医学产品之一，而且以高于其他影像医学的速度发展，除一般B超、彩色多普勒B超外，全数字式B超、超声内窥镜、介入性超声以及超声动态频率扫描等等先进的超声诊断设备和技术已逐步在医学临床推广运用，在医学诊断中发挥着极大的作用。此外，由于超声波的热效益，已被人们用来治疗癌症。国外已

生产出超声波高热治疗机并开始用于临床。伴随无损体内测温技术的应用和发展，超声波高热治癌技术将会逐步推广应用，使癌症患者获得无痛、无创伤、无副作用的治疗。

在口腔医学领域，超声波主要用于治疗。早在本世纪50年代，Oman利用超声波振动能量制备牙齿窝洞，1957年，美国Cavitron厂推出第一台超声波洁牙机，Richman将超声波引入根管治疗术以后，超声波洁牙以及根管治疗的基础研究及临床应用工作逐步深入，将龋病、牙周病及牙髓病的治疗质量和水平提高到一个新的高度。

超声波洁牙机分为单功能洁牙机及多功能洁牙机两种。单功能机主要用于龈上洁牙，多功能机在单机上置配不同的手柄和工作头及冲洗液，可作为龈下刮治、牙周袋冲洗，根管治疗以及修复体拆除。其结构与原理基本相同，主要由发生器（或电子振荡器）、手柄及换能器、可互换的工作头以及脚控开关组成。工作原理是手柄中的换能器（一般用压电陶瓷）将电子振荡器产生的电脉冲波转换成微幅机械振动，激励工作头产生相同频率的超声振动，活化手柄中流出的水（或冲洗液），产生机械作用、化学作用、热作用以及兼有上述三种作用的空化现象，发生其生物效益，迅速击碎牙石，松散牙垢、去除坏死牙体组织及杀灭细菌，摘取冠桥等。

当今临床上常用的超声波洁牙机，其振荡频率从25～42kHz之间，振荡幅度为0.02mm。90年代以来，超声波洁牙机已成为各口腔医院、口腔科的基本医疗设备。在口腔临床上广泛应用。

1. 牙体洁治及刮治术　去除牙结石、牙菌斑、烟垢及色斑，作为口腔健康保健、预防牙病以及治疗牙周炎的手段。超声波洁牙与传统的手工洁牙相比，具有效率高、速度快、创伤轻、出血少及省时省力等优点，深受广大患者的欢迎。由于其良好的社会效益和经济效益，单功能洁牙机及其洁治术已逐步在基层口腔医疗单位普及。

2. 根管治疗术　在单功能机上配置不同根管手柄或不同类型的根管锉，进行①根管扩大、冲洗，感染根管的消毒和灭菌。②输送根管充填物，取出根管内异物，如折断的根管扩大针等根管治疗器械。③取出根管充填物如粘固粉、牙胶等。经过多年的实验研究和临床观察，超声波在根管治疗术中的作用已逐渐被认识和肯定，作为一种安全、快速而有效的手段，已逐渐为广大的临床医师接受和应用。

3. 金属修复体的非破坏性拆除和抛光　因治疗或再修复需要拆除的桩、冠桥、嵌体等金属修复体，传统的方法是用牙钻除去修复体周围的粘结剂，损坏修复体或使修复体变形，不仅费时费事，还易造成牙齿组织损害，取下的修复体亦不能再用。用超声波装置配合其他拆除器，可以快速将金属修复体非破坏性拆除，而且损伤牙体组织小。

4. 清洁义齿及超声抛光　用超声波清洗义齿，尽管多年来有争议，但已被大多数人肯定。其原理是利用超声波在清洗液中传播时产生的空化，辐射压和声压等物理效应使菌斑和污物机械剥脱和杀灭微生物。

用超声波喷溃机可抛光金属修复体是近年来发展起来的新方法，又称“超声抛光”。其主要原理是通过磨料在超声机械振动下对修复体的冲击和抛磨达到抛光。此方法适用于脆度大于1的修复材料如烤瓷、钴铬合金和镍铬合金等。临床应用结果表明，超声抛光的表面无残余应力，无表面烧伤和表面多质层，效率高且不产生有害粉尘。

5. 颌面部肿瘤诊断　用多普勒血管显像仪诊断颌面颈部肿瘤，先用二维超声探测肿瘤形态、轮廓、边界、声学结构，再用彩色多普勒超声探测肿瘤内部及周围血液多普勒信号分布，良性肿瘤（除血管瘤外）内部均未探测到血流多普勒信号，而恶性肿瘤内部均探测有较多的多普勒信号。因此，用二维超声与彩色多普勒相互补充、联合应用，可为面颈部软组织肿瘤的诊断、鉴别诊断、治疗提供重要依据。

6. 颌面部组织定位测量　根据机体组织对超声波束反射的差异，采用线状摄影探头、频率为10MHz的B超机对肌体组织的定位测量，如唇腭封闭的解剖位置和无牙颌牙槽嵴的厚度等方面的测量研究在国外文献上亦有报道。

7. 口腔超声设备的发展趋势

（1）口腔颌面部超声诊断仪的研制和开发，主要是探头的研制。能避开头颅硬组织影像干扰，进行口腔颌面部软组织肿瘤的早期诊断。

（2）进行超声波高热治疗机对口腔颌面部肿瘤如舌癌、口底癌、涎腺癌等的治疗的应用研究。

(3) 扩大现有超声波洁牙机的临床应用范围，发挥其更多更好的效益。

(二) 口腔激光设备

激光是光量子受激辐射和放大，简称“激光”(Laser)。激光产生必须有激励源（包括光、电或化学等）使激光介质（固体、气体、液体、半导体等物质）受激振荡，产生辐射和放大，就是激光。激光具有单色性好、方向性好、高能量、密度高、发散度小以及激光束照射到生物组织产生光热效应、光电磁效应、光化学效应、生物刺激效应等特点，医学上用其发挥凝固、烧灼、切割、气化、光敏、针灸、免疫、麻醉、止痛等多种功能。

世界上第一台激光器1960年诞生于美国。1961年用红宝石激光进行眼科视网膜剥离凝固手术获得成功以后，激光用于牙科的基础研究及临床应用相继开始。1965年美国Steern和Sognnes首次报道了CO_2激光照射牙釉质具有抗酸性，以后芬兰、日本、法国等也相继开展了激光防龋的实验和临床研究。1966年，Kinersl用Rb（红宝石）激光进行不同厚度的牙釉质和牙本质钻孔实验拟代替牙钻，但限于70年代的技术水平，未开发出适用于牙科的脉冲激光器，使人们普遍认为激光不宜用于牙科领域。80年代后期，脉冲YAG激光被引入口腔医学领域，不仅保证了激光作用于牙体硬组织对牙髓的安全性，而且光纤式的传导系统，可将激光极方便地传送到口腔内所有部位。正是由于这些技术的进步，迎来了八十年代末九十年代初国际国内激光口腔医学的飞跃发展，国际间的激光医学学术交流十分活跃，国际上多次举行齿科激光医学学术会议，涉及防龋、止痛、修复、杀菌及牙髓治疗等方面。有的病种治疗已相当成熟并在临床应用。

我国口腔激光临床研究开始于70年代中期。早期主要使用He-Ne激光器和CO_2激光器，用于激光穴位麻醉拔牙、激光止痛、激光止血以及牙龈肿瘤的切除术等。80年代末以后，随着国内外各类激光治疗机特别是脉冲YAG激光机的推出，激光在口腔软组织及牙体硬组织的临床应用和基础研究亦逐渐深入。先后召开过数次五官及口腔科激光学术研讨会。反映了激光在口腔医学的应用具有良好的前景。

口腔激光医学的发展主要表现在两个方面：一是口腔激光治疗机的开发、生产和推广，尤其是能完全代替牙钻的激光治疗机的开发；二是口腔激光尤其是齿科激光的基础研究及临床应用的范围和深度的研究，如不同组织激光器的选择，照射时间及功率大小的确定，多种功能的开发应用等等。

1. 口腔激光治疗机的研制和生产 激光机的名称根据其激活介质而得名，用于口腔医学的有He-Ne激光器、YAG激光机、CO_2激光机、半导体激光机。用于口腔的YAG和CO_2激光机均是脉冲状态，而不用连续输出状态，因连续照射引起温升可造成牙髓组织的损伤。Powell认为，牙髓温度升高小于5℃时引起牙髓的改变才是可逆性的。同时，对口腔某些疾病的治疗如去除牙垢、汽化腐化物、熔融牙本质等需要的是瞬间功率，即在短时间内（约1/10000秒）输出较大的能量，迅速将这些物质加热而汽化。下面介绍几种口腔用激光治疗机：

(1) 脉冲YAG激光机：这是一种以钇铝石榴石为介质的激光机，根据掺杂基质的不同可分为Nd:YAG、HO:YAG，以及Er:YAG激光机等。Nd:YAG（掺钕钇铵石榴石）激光进入牙科医学领域是1983年初，由Terry Myers在离体牙上试验成功，于1986年由美国Sunrise公司研制推出首台样机，这是一台平均功率为1W，自由振荡脉冲式Nd:YAG牙科激光器。以后在广泛进行临床试验的基础上，研制出第一台商品化Dlaser 300型牙科激光机。目前国内外Nd:YAG牙科激光机输出单脉冲能量在8～500MJ，脉冲宽度100～200μs，平均功率0.25～10W，重复频率1～100PPS，用芯径为0.3～0.6mm的光纤耦合输出。通常需要应用可见的He-Ne激光作为指示光。

Nd:YAG激光具有广泛的组织吸收特点，加之由柔软的光导纤维传输，很容易精确进入口腔任何部位，操作十分灵活方便；准接触式的使用，能使医生有接触反馈的感受；用脉冲输送能量，热能在脉冲之间得以散发，热效应能高度局限在治疗区域，而且Nd:YAG激光是固体激光，保证了安全、稳定、有效、使用寿命长、运行成本低，是目前国内外首选的用于口腔医学的激光机。

脉冲Nd:YAG激光具有杀菌、消毒、切割、汽化病变组织和腐烂组织，能熔融牙本质小管产生再结晶，封闭牙本质小管减少其通透性，临床上常用于消除牙本质过敏、防龋、硬组织腐化物的汽

化、清除牙垢等；YAG激光对软组织渗透力比CO_2深，因而有较好的组织凝固、止血和镇痛作用，临床用于龈切除术和成形术等软组织手术，止血效果好，操作简便，切割准确，已越来越获得应用。但是，由于其平均功率较低，不适用于大范围软组织切除，尤其是价格昂贵，在临床上推广应用受到一定限制。

（2）CO_2激光机：这是目前实用激光机中能量转换效率最高的气体激光机，以较小的体积和供电就可获得较大的输出。美国Luxar公司采用射频激励结构，使激光机体积大为缩小，更容易进行激光输出的脉冲调制。波长10.6μm，输出功率0.5～6W，焦点光斑直径＜0.5mm，采用关节导光臂，需用半导体激光引导定位。

CO_2激光的波长处于水的吸收高峰，其能量很容易被含水组织吸收，因此，对组织穿透力不如YAG激光，但其热效应强，从面使组织凝固、碳化、迅速产生切割。临床上常用于软组织疾病的手术治疗，特别是大面积切割治疗，与常规的手术方法比较，其手术时间短、止血效果好，反应和副作用小。但也有用于口腔硬组织疾病的报告。此类激光机价格较便宜，如果随着技术进步，价廉物美、安全无毒的CO_2激光光纤的开发和普及，CO_2激光机将有良好的市场前景。

（3）半导体激光器机

半导体激光机是比YAG和CO_2激光机输出功率小至百倍，操作简便、价格低廉的激光器，具有电光转换效率高、体积小，寿命长（一般在万小时以上）的特点。目前用于口腔半导体激光器的中心波长在790～800nm左右，只需用5V直流电压供电，即可输出功率为几十毫瓦功率的激光。由于功率小，一般用于理疗和诊断。临床上多用于诊断牙髓炎和根尖周炎，止痛，促进肉芽生长，加速软组织的愈合与再生等。

在上述几种口腔激光治疗机中，脉冲Nd:YAG激光机应用最为广泛。美国和台湾很多牙科诊所，已把激光治疗机作为每天治疗必备的设备。

在我国，大约有3～5家公司研制生产脉冲YAG口腔激光治疗机，北京东泰吉光科技有限公司推出的产品，将计算机程序控制作为激光能量闭环检测手段，以保证激光输出功率的稳定和真实，技术处于国内领先。

2. 激光在口腔医学中的应用　根据文献资料报道，激光在口腔医学中的应用主要在口腔软组织疾病，牙体等硬组织疾病的治疗，某些口腔疾病的早期诊断及修复体制作等方面。

（1）口腔软组织疾病：包括：①口腔软组织手术：如牙龈成形术，龈瘤切除术，牙周袋刮治术、龈脓肿切开引流术，舌系带修整术等；②口腔粘膜病治疗，如阿弗它溃疡、粘膜白斑、扁平苔藓等；③激光止痛及穴位麻醉；④口腔感染的消毒；⑤颞下颌关节紊乱综合征的对症治疗等。

（2）口腔硬组织疾病：包括：①牙本质去敏；②去除龋坏组织，窝洞及裂隙的消毒；③根管治疗的消毒；④激光牙齿漂白等等。

（3）某些口腔疾病的诊断：这方面的应用尚处于研究阶段，如早期龋的诊断；牙齿激光全息摄影可获得三维照片，是研究牙模型独特手段；激光多普勒流量计（LDF）可连续地、无创伤地监测组织微循环变化，用于牙龈血流和牙髓血流的测量研究，对牙龈和牙髓疾病的早期诊断能提供依据。

（4）激光焊接修复体：优点是被焊接的义齿是金属自熔结合，理化性质不变；焊接深度达1.3mm，局限于点和线，受热范围小；焊接速度快，一般仅需5min；操作简便。但该激光机需进口，价格昂贵，目前仅在有条件的医院应用。

3. 纵观口腔激光技术的发展，展望21世纪口腔激光的发展可能在以下几个方面：

（1）口腔激光治疗机的进一步开发和完善，包括：①研制出具备诊断治疗多种功能的价格便宜的YAG激光机；②CO_2激光机的光导纤维的开发；③减小激光机体积，研制开发出手持式，小尺寸激光器，使整机成为牙科综合治疗台的组成部分；④引入计算机技术和图像处理技术，进行程序控制，使其具备功率控制、故障自检、自动保护、脉冲调制等功能。

（2）激光代替牙钻的探索：包括研制和开发出能完全代替牙钻的牙科激光机，以达到“无痛钻牙”。

目前，在国内外研制能代替牙钻的激光机有Er:YAG、Nd:YLF以及ArF、xecl准分子激光机。Er:YAG已获准美国食品及药物总署（EDA）的批准，处于临床试用阶段。Nd:YLF皮秒激光机在切蚀龋齿及牙质，制备洞型等方面进行了深入研究，

研究者认为 Er:YAG 和 ND:YLF 是临床代替牙钻的最具有生命力的激光机。

(3) 激光在口腔医学中应用范围以及机制的深入研究，已达到激光在口腔医学领域内某些疾病治疗的肯定和满意效果，使口腔医学的诊治水平，尤其是对牙体和牙髓疾病的治疗手段有新的突破。

(张志君)

第三节 推动口腔设备发展的因素

伴随着社会文明发展与科学技术进步，口腔医学界为了解决自身所面对的特殊技术问题，借鉴引用了当今科学技术领域的相关技术方法，发展了一套相对完善，并能较充分地反映工业水平和社会文明进步的技术装备。基本满足了现今口腔医学工作的需求，这些设备及技术装备带有明显的科学技术特定发展阶段的烙印。

设备是人的功能的延伸。为了切削牙体硬组织，人们发展了机械动力牙钻，射流动力牙钻，这是人手功能的延伸；为了能够了解牙体和颌骨的情况，发展了 X 光技术，这是人感观的功能延伸；为了管理更多的患者，人们研制了数据库，为了能使用多位专家的智力经验，人们发展了专家诊断系统，这是人大脑功能的延伸；为了能使患者按照专家的要求矫治不良行为习惯，人们研究并发展了强化对患者影响与控制的方法，也发展了相应的设备，这是人心理行为功能的延伸。因此，口腔设备的发展过程是口腔医学工作者不断发现问题，提出解决问题的方法，并研制相应设备，以不断延伸口腔医生个人解决问题的能力的过程。

根据一定的原理和工作流程，把相应设备组成一个有效系统。例如我们按照口腔内科、外科、修复科、制作中心、辅助科室、后勤保障、行政管理等工作流线，组织相应设备，装备成一家口腔医院，这是口腔医疗设备发展的另外一条重要途径。把一群看似无关的孤立设备，组成一个最优化的工作系统，让其在协调工作中发挥最大效益，这实际上是群体行为的最优化，这一方面要求系统中任何一台设备应具有组网集成能力，同时也要求由多台设备组成的网络是最优化的系统。

推动口腔设备发展的原因是简单而明确的，口腔医学发展需求推动口腔医学设备发展。人们在不断深入解析口腔问题，不断尝试用已有的各种方法、技术解决口腔问题。口腔设备更多的是其他技术向口腔医学嫁接的结果。例如，口腔科设备有世界上最袖珍的烤瓷炉，有最小的风动工具，有最精细的切削刃具，有最小的注塑机，有相当复杂的椅子等，今后很长一段时间内，人们还将依据这种模式，发展口腔设备。不过，21 世纪的口腔设备，应该比 20 世纪有更广泛的理论基础和技术来源，也将有更多种技术在一种设备上融合，设备的信息化和网络化程度将越来越高。

在口腔医疗技术装备的发展历程中，影响其发展的因素主要来自于口腔医学发展的需求、科学技术的进步以及工业和社会文明的整体水平。

1. 医学模式转变，新的医疗理念导致口腔设备的发展。

近代医学的一个重大进步是医学模式正在从生物医学模式向生物社会医学模式转变，人的生物属性和社会属性在疾病的发生发展转归以及医疗过程中成为必须同时重视的问题，特别是人的社会属性，在疾病与医疗过程中扮演的角色愈来愈重要。在疾病的检查诊断上，将推动发展一批借以了解病人所处的社会、环境、病人周围关系链、病人的生活习惯、卫生习惯、咀嚼行为等的定性定量仪器、病人现状的综合评价设备。在治疗上，将更注意在治疗疾病的同时，减少痛苦、减少紧张及精神压力，更注重病人的治疗体验，这时期一个最重要的口腔医学理念的变化是把被迫性治疗变成传达愉快治疗体验的过程。这需要发展新的技术方法和设备，例如营造轻松愉快治疗环境的设备、无痛治疗系统，可能包括无痛麻醉技术与设备，牙体手术时的牙髓麻醉，除术区麻醉外其他部位无麻木感的麻醉等等，发展可引起患者愉快与欣快感的设备。在治疗方法上的一个重要转变是从关注局部问题到解决系统问题，未来口腔医生的主要工作是介入牙殆构建及牙殆重建，这要求发展一批记录评价预测牙殆系统结构与功能的设备和方法，能够预测各种治疗预后的设备。例如，一种全新的殆架，它应该简单可靠，方便使用，指导临床医生克服经验及随意性操作。

2. 人们对口腔问题的认识方式的改变也引发

口腔设备的发展，例如，早期人们认为由贵金属包镶的牙冠是美与地位的象征，限于当时的技术水平，人们发展了各种金属加工技术及相应设备，以后接近天然牙质感和色泽的牙体修复技术被接受，开发出了高分子材料及瓷加工义齿的技术与设备，人们正是在不断寻找更适宜人体生理需求、更经济、更舒适、更方便的技术和设备，以满足口腔医疗发展的需要。

值得注意的是随着人们对口腔问题认识的深化，其他科学技术的高速发展，社会经济文化水平的不断提高，口腔科学这门专门解决人类口腔疾病问题的学科，越来越体现出它的社会化和群体行为特征。为了适应口腔与外部科学、社会环境，为了协调口腔医生群体与患者群体之间的关系行为，口腔软科学也在飞速发展。信息技术，以知识库群和知识网络为核心的口腔知识工程正在兴起，它将成为21世纪信息社会中口腔医学的重要基石，口腔医学这一划时代革命所需求的信息处理，知识工程的原理、方法、技术、设备、软件将是全新的。目前我们所能见到的这方面的一个苗头就是一些专为口腔医学所设计的软件已成为能有效解决口腔问题的设备——软设备，而在临床应用。

3. 科学技术进步带来口腔设备的进展。事实上，大量的临床实践已使我们知道在口腔治疗过程中我们需要什么，但常因技术限制，目前尚不能实现。例如，我们希望有一种材料可以把义齿和邻基牙邻面牢固而长久的粘接在一起，而不需要在邻基牙上作牙体预备，尽管已研究发展了多种牙体粘合材料和方法，但目前尚不能达到这一目标。这给口腔医学领域在科学技术发展的基础上，寻找新的方法技术及设备，留下了广阔的发展空间。

科学技术发展，推动口腔设备的发展可以表现在如下方面：

(1) 科学原理的突破导致牙科设备进化：随着人们对事物本质的认识，一些科学原理也发生了质的突破，这给口腔设备的发展带来了巨大的契机。例如人机工程学理论的建立及在口腔设备研制中的应用，首次使牙椅、牙钻、其他附属设备及医生、椅旁助理、患者作为整个系统中的组成要素加以考虑优化，从而形成现代口腔综合治疗台的基本设备格局，实现了口腔设备发展史上的一次革命性飞跃。可以预见，随着信息化技术的深入发展，信息处理能力将成为口腔综合治疗台新的重要因素融入未来的口腔综合治疗台设计，形成数字化口腔综合业务单元。同时，它还将向强大的组网能力发展，跨越空间界限，组成虚拟口腔医院。从综合治疗台发展的线索，我们可以看到，科学原理的突破，带来了牙科设备的巨大发展。

(2) 技术进步导致牙科设备进步：其他领域原有技术的改良、新技术方法的出现都可能成为牙科设备进步发展的推动力，牙科医生往往在为了解决自己所面临的牙科工作难题时在其他领域找到了可供借鉴、引用的技术、方法、工具和设备。就以对牙体硬组织切削设备牙钻的动力源而言，电动力替代了机械动力，射流动力取代了电动力，这都是由相应技术进步引起的。这种发展模式还将继续发挥作用。值得口腔医学工作者，包括口腔设备研究工作者注意的是，我们正面临一个重大的技术变革时期，数字技术的出现，并正在更多地替代广义模拟技术，这将引发口腔设备的又一次革命性变革，我们不妨把口腔最常用的各种记录模型、工作模型看成是典型的模拟技术产物，而应用数字技术，这些模型可能是记录在磁、光盘媒体上的一组数字符号，印记患者口内模型不再使用印模材料，而可能是一支数字探头。新的设备在记录患者牙殆状态数分钟后制出一副义齿可能不再是一个新闻，而是一种司空见惯的临床过程，由此可见在口腔设备的发展中，其他技术进步的推动力是十分重要的。

(3) 口腔新材料发展带动口腔设备的发展：口腔医学发展的一个重要内容是对各种新材料十分强烈的需求，新材料的不断涌现，带动了相关技术及加工设备的发展。因此，新材料的发展成为口腔设备发展的又一重要推动力。牙体牙列缺损的修复是现代口腔科最大量的临床工作，人工修复体为了能与天然牙的质感、色泽、硬度、韧性媲美，更广泛使用高强度的金属、高分子材料及陶瓷材料，并借鉴这些材料的工业加工技术和设备发展了一系列的口腔加工设备，如用于快速义齿的光胶连设备，光固化义齿成型设备，高温高压下胶联的新塑钢成型设备，真空吸塑个体化牙列托盘加工设备，隐型义齿注塑设备，精铸焊接设备，烤瓷设备等等。这些事实提示我们，口腔新材料的开发，一般伴随着新设备及临床新技术的出现，这就是口腔设备发展的一条重要途径。

（4）信息技术发展促进口腔软设备的发展：历史上，我们概念中的口腔设备是一些摸得着，看得见实实在在能够感觉到的物质实体，例如一台涡轮牙钻，一台光固化机。随着信息技术的发展，一大批用信息技术的方法原理研制出的软件加入了口腔设备家族，成了这一家庭的新成员。例如专家诊断系统，口腔数字影像处理系统，这些软件有原理、有结构、有解决问题的能力、有价值，成为口腔医生新的得力工具。软件及其他软设备是一种全新的口腔设备，无论从质量到数量都将得到高速发展，将成为口腔设备中的新秀，这应该引起口腔医学工作者及设备研发人员的高度重视。

4. 社会进步带来的口腔医学设备的进步　人类社会的进步要求口腔医学提供更多的口腔健康保障，提高人类的生存质量和提供愉快体验，这要求口腔设备向更安全（防止医源性损伤，交叉感染、环境污染）、更舒适、更方便、更经济（口腔医疗设备的发展应以降低社会总体成本为其经济目标）、更有效的方向发展，社会进步首先是对口腔医学技术水平、服务质量的全方位追求，相应设备的支撑是必需的。从经济向豪华型设备发展虽然在社会经济发展的某些阶段会有需求，但这与人类社会进步的本意并不合拍。在人类追求可持续发展的今天，经济适用的环保型口腔设备是其发展方向，应该说这是社会进步在口腔医学领域的一个重要表现。社会进步即是口腔设备发展的动力，也用一只无形的手规定着口腔设备的发展方式，社会进步方式与人类行为模式应该引起口腔设备工作者的高度关注。

5. 社会生产水平及相关工业系统的支持。口腔设备的开发生产和更新不能脱离社会大生产的具体环境。其产品的质量、技术、工艺、材料以及加工流程等均离不开社会生产的基础。需要依赖相关部门的支持和配合，特别是属于高新技术领域的口腔设备。

6. 市场竞争是口腔设备不断发展的动力。口腔设备既然是商品，在投放市场中面临着极大的竞争。先进的、带个性化特征和性能价格比优的设备将占领市场，这使生产厂家按口腔医学临床的需求，不断开发推出新型的设备。

（刘福祥）

第二章　口腔基本设备

口腔基本设备是指开展口腔各种疾病的诊断和治疗所必备的设备，它是口腔各科进行医疗工作的基础。主要包括各种类型的牙科椅、牙钻机、综合治疗机、治疗台及光固化机和超声波洁牙机等。

第一节　口腔手术椅

口腔手术椅（dental chair）简称牙科椅，用于口腔疾病的检查、治疗。通常与各型电动牙钻机、牙科涡轮机、口腔综合治疗机等配套使用。其主要类型有简易折叠式、油泵式、电动式三种。较广泛使用的是油泵牙科椅和电动牙科椅，均具有升降、俯仰和前倾等性能，使用方便、快捷、省力。下面着重介绍油泵式和电动式两种类型的牙科椅。

一、油泵牙科椅

（一）结构与工作原理

1. 结构　包括外部结构与内部结构。

（1）外部结构：由圆形基座与蓄油池、椅身及头托、操作系统组成。操作系统包括上升踏杆、下降转肩及椅身倾斜踏杆和靠背、头托操作手柄等。

（2）内部结构：主要由大小活塞筒（又称油压筒）、弹簧及导向架和升降联动装置组成。升降联动装置包括链条、滑轮、联杆、内外套筒、各制动块及限位槽等。

2. 工作原理　用脚踏杠杆将机油压进唧筒，顶起活塞，使椅位升高。用脚拨动降椅杠杆，打开活塞筒的回油孔，靠牙科椅自重和患者的体重压迫活塞，使机油流回蓄油池，椅身降低。椅靠背的俯仰角度及头托的调整均用机械手柄操作。

（二）操作常规

1. 椅位上升操作　踩动上升踏杆，驱使椅位上升。

2. 椅位下降操作　将下降转肩向右方拨动，即可使椅位下降。将此转肩拨到极限位置，牙科椅便会自动降到最低位。当降到最低位时，降椅转肩便会自动回到原位。

3. 椅身倾倒操作　踩下倾斜踏杆，同时稍稍扶住椅身缓慢向后倾倒，到所需位置时，松开踏杆。复位时也需踏下此杆推起椅位。

4. 背靠俯仰操作　用左手按压背靠俯仰操作手柄（背靠左侧），用右手轻扶背靠，至所需位置，松开此柄。俯背操作只需用力推起背靠即可。

5. 头靠背靠操作　只需抓住调节手柄向上拉动，另一只手扶住背靠，头、背靠即可同步上升或下降至合适位置，松开手柄即可。

6. 头靠的俯仰操作　向后拉起锁紧手柄，将头靠调节到合适位置，然后压下手柄即可。

（三）保养维修

1. 油泵牙科椅所有镀铬部位应经常用干净柔软的布擦，以保持其洁净。

2. 所有回转活动部位以及头、背靠升降滑槽和联动链条应经常上油，以保持操作时轻便灵活。

3. 升降套筒的滑面及滑槽应经常清洁和润滑。

4. 背靠导杆不能上润滑油，保持清洁不锈蚀，用煤油擦净即可。

5. 牙科椅在停止使用时，应将其放至最低位置，拉起头靠锁紧手柄，将头托放在背靠垫上。这时整个牙科椅处在完全放松的状态。这样可减少油泵椅的故障和延长使用寿命。

6. 牙科椅使用时间较长后，储油池内的机油易变质，各机件的磨损金属末、杂质等逐渐增多，使机油变浓而流动性变差，因而影响油泵和油缸的正常工作，医生操作时必然费力，甚至出现故障，此时应更换牙科椅的机油。

（四）常见故障及其排除方法

常见故障及其排除方法见表16-2-1。

表 16-2-1 油泵牙科椅常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
踏空感觉，椅位不升	缺少机油或有气塞	抓开座垫，从三个螺母中间的孔加入#40机油
升降有噪声和受阻	升降套筒滑面缺油	擦净滑槽滑面，抹上润滑油，调松滑槽某条螺丝
牙科椅升降迟缓，踩动费力	机油杂质增多，变浓，变质，流动性差	取下座垫，拆下座椅和传动机构，将储油池内脏油排除，清洗储油池，再加入新油
	机械故障	排除机械故障，调整清洗所有可能产生阻力的部位，并上润滑油

二、电动牙科椅

电动牙科椅（electric dental chair）是在油泵牙科椅的基础上发展而来。它的优点在于由坐式改为卧式，操作轻便省力，大大减轻了医生的劳动强度。病人亦感到轻松舒适。

（一）结构与工作原理 电动牙科椅按其传动形式可分为液压传动式和机械传动式两种，但其基本功能和椅位的调节完全相似。

1. 结构 电动牙科椅主要由底座、椅身、电动机和电器控制开关系统、升降和背靠传动装置等组成。液压式电动牙科椅装有液压泵。控制开关包括按钮式和电脑控制的触摸式。

2. 工作原理 电动牙科椅的电路分主电路和控制电路两部分。主电路由220V交流电作为动力电源，通过控制电路使电动机工作。控制电路为24V直流电，通过各种电气元件及继电器控制整机工作。

接通牙科椅电源后，扳动所需动作的控制开关，控制电路和继电器工作，电动机开始运转，带动传动机构工作，使牙科椅的椅座或背靠向所需方位运动。当椅位达到所需合适位置时，手离开关，控制电路和主电路立即断电，电机停止转动，椅位固定。如果手或脚不离控制开关，牙科椅达到极限位置时，行程开关动作，断开电动机电源，牙科椅自动停止运作，升降、俯仰均设有限位保险装置。

电动牙科椅工作原理如图 16-2-1。

（二）操作常规

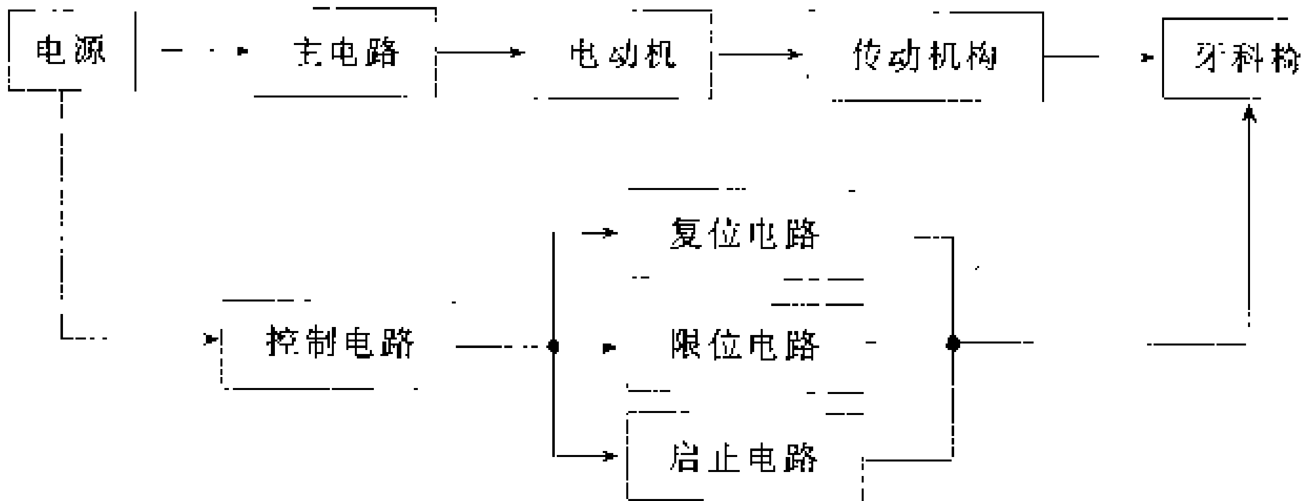
国产电动牙科椅的控制开关，一般只设一套，在背靠右侧，根据箭头标记，最上面开关为升降开关，向上扳动开关为上升，向下扳动为下降。中间开关为背靠俯仰开关，向上扳动开关为俯背，向下扳动开关为仰背。下面的开关为复位开关，当椅位升至最高位，或者背靠放至水平位需复位时，可使用该复位开关，只需按动一下此开关，椅座和椅背分别作向下和立起动作，牙科椅达到规定的极限位置时，椅座和椅背均停止移动，处于治疗前的预备状态。

头托的操作 可根据患者的高矮进行调节，只需将整个头托向上拉或压下即可。头托的前后动作，可按动头托两侧或后面的按钮调节。两侧操作应用拇指和食指向中心同时按压；调节按钮在头托后面正中心，只需用拇指按动即可。调节到位后松开按钮，头托则锁定。

（三）保养维修

1. 保持牙科椅外部清洁，防止硬物掉入机架内，以免造成卡位或损坏传动机构。

2. 在使用过程中，防止水或其他液体流入椅内，以防电器系统造成短路，烧毁电子元器件。



3. 按动各操作开关，不得用力过猛，以免损坏开关。

4. 使用过程中如发现故障，必须及时排除首先应检查是否违反操作规程，造成失误。

5. 切忌频繁反复起动电动牙科椅，以免造成烧坏电动机和其他电器元件。

6. 工作完毕，应将椅位放至最低位，以防各机构长时间受压而产生故障。

7. 使用中如发现有异常噪声，或出现漏油和电器系统冒烟等故障现象，应立即停止，由专业维修人员检查维修。

8. 电动式牙科椅的润滑油加注及电器系统的内部调整，应由专业维修人员定期进行。

9. 为防止电动式牙科椅漏电造成事故，机器必须有良好接地。

（四）常见故障及其排除方法

常见故障及其排除方法见表16-2-2。

表16-2-2　电动式牙科椅的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
操作所有开关均无动作	电源未接通或电路系统保险管烧坏	接通电源，更换同规格保险管
牙科椅工作时有异常噪声，且运动迟缓	有异物卡住传动系统或传动系统有变形和磨损缺油	排除异物，维修传动系统，润滑传动系统各活动部位
升降、俯仰极限位置被卡死	限位开关失灵和限位凸轮移位	修理或更换限位开关，调整限位凸轮位置

（沈贤华）

第二节　牙科钻机

一、电动牙钻机

电动牙钻机（dentalengine）可分台式、立式、机载式，以及微型牙钻机等。本节着重介绍台式电动牙钻机。

台式电动牙钻机（table dentalengine）主要用于牙体的钻孔和磨削，以及修复体的打磨、修整、抛光等。由于其性能稳定，体积较小，携带方便，成本较低，适用于基层口腔医疗单位和大、中专口腔临床教学。

（一）结构与工作原理

1. 结构　台式电动牙钻机由电动机、机臂和车绳、手机、机座及脚开关等组成。

（1）电动机：用单相串激式电动机，其定子线圈和转子线圈呈串联式，具有转动力大，转速可调节等特点。主要由定子铁芯线圈、转子、炭刷及炭刷架、换向器、电动机罩壳等组成。

（2）机臂及车绳：机臂一般为三弯式，其上附绳轮，设有伸缩调节杆，能作上下左右任意角度和距离的调节，并能定位。车绳为传动装置，将电机的旋转力矩通过三对滑轮传递到机头。

（3）机头：又叫车头或手机，安装在牙钻机二弯臂末端，分为直机头和弯机头两种。弯机头必须装在同号直机头上。根据操作需要，夹持各种型号的车针或抛磨器具。

（4）脚开关：用来控制电动机的转停。有的台式电动牙钻机专门设一个控制正反转的开关。

（5）机座：用于支撑和固定电动机、机臂及各种电器控制元件，其操作面板上装有电源开关、调速开关、正反转开关、指示灯，调速开关一般可调三种转速：第一档为4000r/min，第二档为7000r/min，第三档为10000r/min。有的调速开关是带控制反转的。如波段式开关，旋钮指零为断电，向左转为反转、向右拨一、二、三档为不同速度的正转。较早期生产的台式电动牙钻机有琴键式开关的。

2. 工作原理

（1）台式电动牙钻机一般都是采用的单相串激式电动机，其转子上有电枢绕组和换向器，定子上有两组激磁绕组构成一对磁极，激磁绕组与电枢绕组经炭刷与换向器串联，接在单相交流电源上。在单相串激式电机中，电枢电流和磁通几乎在同相位上变化大小和方向，故转子受瞬时转矩的驱动，使电动机转动。

（2）调速方式：

1）自耦变压器调速：自耦变压器将不同转速所需的交流电压输送到电动机上，再由转子上的分流电阻进行分流，以改变电动机转速。

2）电阻器调速：电动牙钻机通过琴键开关改变串激式电动机串并联电阻，以调整电动机转速。

电动牙钻机设有正、反向开关，正向转分为4000、7000、10000r/min三档，反向转仅有4000r/min一挡。另一种台式电动牙钻机利用可控硅作无级调速，脚开关控制速度。

台式电动牙钻机工作原理如图16-2-2所示。

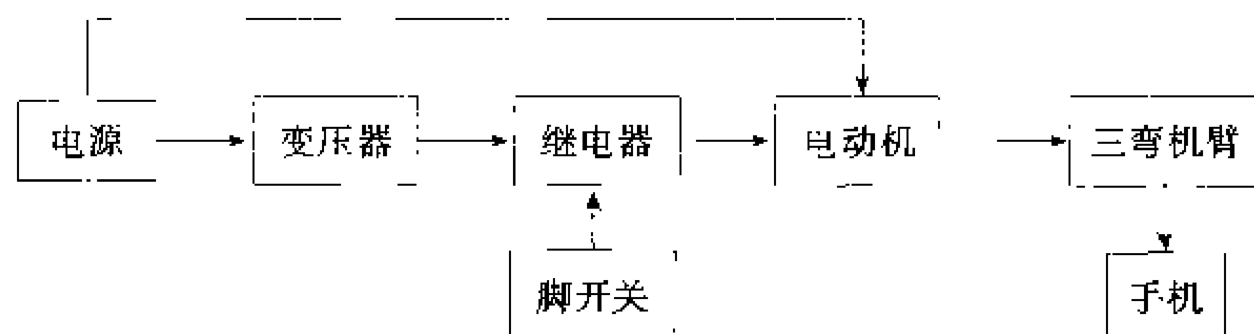


图 16-2-2 台式电动牙钻机工作原理示意图

（二）操作常规

1. 接上脚开关，插上电源。

2. 打开机座上电源开关，选择所需转速和转向，将手机取下执于手中，踩下脚开关，电动机旋转，并带动手机头工作，松开脚踏开关，牙钻机停止工作。脚踏开关应轻踩轻放。

3. 电动牙钻机应间歇使用，特别是最高转速10000r/min时，不能使用时间过长，因为此转速为电动机的最大负荷工作状态。长时间工作容易使电动机发热导致烧坏。一般要求连续工作时间不得超过30分钟，电动机额定温度不能超过60℃。

4. 电动机在工作状态时，不能改变旋转方向。

5. 操作时，三弯臂架应面向操作者方向，不得扭曲，否则将增大阻力，影响转速，而且容易造成车绳脱落。

安装及使用注意事项：

(1) 安装时旋去三弯臂后端固定螺丝，将三弯臂装于羊角钗上，紧固该螺丝。直机头装在三弯臂的前端，车绳嵌入机座，调整羊角钗上大螺母使电动机与三弯臂保持平衡。

(2) 校对供电电压与设备额定电压是否相符，同时必须装有安全接地装置。

(3) 设备切忌受潮，避免油、水及有害气体、液体进入电动机，以免电动机降低绝缘性能，造成短路。

(4) 在使用时应注意听、闻、摸、看。听有无异常声音；闻有无焦臭气味；摸电动机外壳温度是否过高；看机座、电动机、脚开关内有无烧焦点、火花及冒烟；但换向器与炭刷接触处有轻微火花为正常现象。

(5) 维修保管和更换炭刷时，应拔下电源插头，以免触电。

（三）保养

1. 注意保持牙钻机的干燥与清洁，脚踏开关应放置在干燥处使用。定期清理电动机内的炭粉，以防电动机线圈和炭刷架短路烧毁。电动机如受潮，可用电吹风机热风吹或将电动机放入干燥箱烘烤，但温度不能高于60℃。

2. 电动机上下含油轴承每半月应在加油孔内注入3至4滴机油，不能过量，否则易造成线圈短路。

3. 三弯臂绳轮应经常上油润滑，以减少摩擦阻力，但不能上油过多，防止绳轮打滑，注意经常紧固各部位的螺丝。

4. 电动机炭刷为易磨损件，应经常检查炭刷磨损程度，当其磨损为2/3或3/4时，应及时更换相同型号炭刷。更换炭刷时应彻底清除积压在电动机内的炭粉。更换炭刷的操作程序如下：

(1) 准备好相同型号的新炭刷。

(2) 断开电源，反时针旋下端防尘盖螺母，取下防尘盖。

(3) 用小螺丝刀反时针旋松固定炭刷的小螺丝，取下已磨损的炭刷，用吸尘器或压缩空气，吹或吸去电动机内的炭粉，然后用柔软布条擦净内部，装入新炭刷，炭刷斜面应向转子换向器。换完炭刷试机的过程中应用细砂纸条贴在绝缘木片上，在电动机旋转的情况下，砂去转子换向器上的积炭和脏物，以保持炭刷和转子的接触良好。

(4) 炭刷架上的弹簧如松弛，可先松开弹簧转轴下方小的螺母，用小解刀反时针旋转弹簧轴，收紧弹簧。在小解刀收紧弹簧用力扭转情况下，锁紧下端螺母。两个弹簧的紧度应一致。

（四）常见故障及其排除方法

常见故障及其排除方法见表16-2-3。

二、气动涡轮牙钻机

气动涡轮牙钻机（air turbine dental engine）简称涡轮机，是一种理想的牙齿切削设备。可高速、高效地进行牙齿的钻磨和切削、修复体的修整、牙周和牙槽手术等。由于转速高，而且平稳，切削力

表 16-2-3 台式电动牙钻机的常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
踩下脚开关电动机不能转	电源未接通	接通电源
	炭刷磨损完	更换新炭刷
	转子线圈烧毁	更换同型号转子
	继电器烧毁	更换同型号继电器
	转子阻力大	调整转子与定子间隙
	弹簧松弛无力	收紧弹簧保持一定压力
电动机转速慢或间歇转动	转子摩擦阻力大	调整间隙并在转轴部位加油润滑
	直机头故障	排除直机头故障
	电动机内部积炭	清除电动机内部积炭
	转子轴上绳轮松动	用特制的微型螺丝刀紧固该绳轮止动小螺丝
电动机发热和有噪声	工作时间过长车绳过紧	连续工作 30 分钟应停机，调整车绳适当紧度
	轴承磨损或缺油	更换含油轴承，并加强润滑
电动机外壳带电	电源插座无接地线	电源插座必须装接地线
	电动机内部积炭过多造成绝缘性降低	清除电动机内积炭

极强，可减轻患者的痛苦和医师的劳动强度，提高工作效率。由此，有人把气动牙钻机的出现称为牙钻机的第二次革命。气动牙钻机常装备在各种类型的综合治疗机和综合治疗台上使用，亦可为单机与油泵牙科椅配套使用。本节重点介绍单独的气动牙钻涡轮机。

（一）结构与工作原理

1. 结构　气动牙钻机主要由空气压缩机、供气系统、供水系统、手机、脚踏开关及箱体系统等组成。

（1）空气压缩机：该机主要包括空气压缩泵、电动机、散热管、储气罐、皮带轮、皮带、进气装置、安全阀、过滤器、油水分离器、视油窗、加油口及出气接头等。

1）空气压缩泵：叶片式空气压缩泵，其转子与泵体的组合关系为偏心叶片装置。转子上有 3 个分布均匀的深槽，每一槽中嵌有一长方形叶片，叶片可在槽内自由滑动，叶片无论在任何方位，均紧贴泵体内壁。3 个叶片将泵体内的空间分隔成 3 个相互封闭的气室。转子在电动机带动下，按顺时针方向转动时，气室的空间由小逐渐变大，转到气室 B 位置时，从进气口 H 吸满空气于 B 室空间。当转子继续旋转到 C 位的过程中，C 室的空间就由大逐渐变小，在逐渐缩小空间的过程中空气受到压缩，受压缩的空气从 F 出口排除，经散热管进入储气罐，转子每转动一周，就有三个 B 室的空气被压缩进储气罐，由此连续工作，在机械、电压均正常的情况下，气压可升到 0.4MPa 以上，排气量可达 32L/min。以这样的气压和供气量即可供一支高速涡轮手机工作所需动力。

另外一种空气压缩机为活塞式，或叫气缸式压缩机。当电动机带动活塞作垂直或水平运动时，气缸的顶端装有两个方向相反的单向阀，活塞向下运动时，进气单向阀打开空气被吸进气缸，而另一单向阀关闭；活塞运动到最下端时气缸吸满空气。活塞运动到最下端后即转为向上运动，在活塞向上运动的过程中，进气阀关闭，排气阀在受压缩空气的挤压下打开，随着活塞的容积变小，受到压缩的空气被挤压进排气阀进入储气罐。

2）电动机及传动方式：电动机是驱动空气压缩机的动力源，它的传动方式一般采用三角皮带和皮带轮联动。活塞式空压机一般采用电动机轴与曲轴相连接驱动活塞杆带动活塞运动。

3）分离器：经压缩机出来的压缩空气含有大量机油、水分等杂质，必须经过两次以上的过滤和分离之后，才能进入系统供涡轮机头使用。一般采取三种过滤和分离方法：

①机油过滤器：须经过滤后才能进入储气罐，此过滤网的成型方法在工业上称为粉末冶金，是以金属粉末为原料，采用压制成型再经过烧结而成的。材质具有多孔性，就像泡沫塑料那样。当带有油雾压缩空气从又密又微小的孔隙通过时，油雾和杂质就会吸附在孔隙中而被挡，但压缩空气可以很快通过而进入储气罐。

②油水分离器：压缩机在工作过程中，不断地抽吸空气，自然把空气中的水份、杂质等也带入了泵内。由于油水比重不同，水及金属末等杂质在泵罐内自然沉底，该油水分离器的安装位置在空气压缩泵的最下端，因此，水份杂质等便顺着管道而流入该分离器的塑料管内积存。所以每当涡轮机使用两周左右，应将该油水分离器最下端螺丝反时针旋松，放出水和杂质，以保证压缩泵内机油的纯净，从而使压缩泵不被水份锈蚀。

③分水滤清器：设置分水滤清器是为了进一步净化压缩空气，滤掉空气中的水份及杂质。

空气中的水份会降低手机中微型轴承的使用寿命，因此必须使空气中的水份降到最低程度。本机共设置三个过滤装置，它们既有共同点又有侧重点，其目的是达到滤除水份、杂质和机油。

(2) 供气系统：包括分水滤清器、排气管、调压阀、油雾器、压力表、电磁阀及组合阀等。

1) 分水滤清器及排气管：主要用于滤除压缩空气中的水份及杂质，净化压缩空气，使高速手机微型轴承不易锈蚀，延长其使用期限。

滤清器过滤空气的基本原理是，进入分水滤清器的压缩空气首先要通过旋转套。放置的通道呈螺旋形，所以进入滤清器罐内的气流是高速旋转的，就像旋风一样。水份及杂质等在高速旋转的离心力作用下，吸附在罐壁上，由于自重逐渐沉积、流入上排污螺纹套内，纯净的气流通过过渡芯进一步过滤，进入调压阀进气孔。

在机器不工作时，滤清器内无压力，下端的弹簧将顶杆顶起，使积存在滤清器底部的水份、杂质及油污等沿顶杆与下排污螺纹套的间隙流入排污塑料管。

2) 调压阀：也称减压阀，所能调节的最大压力小于泵内的压力。因此，调压阀只能在压缩泵的最大压力范围内调节压力。调节螺丝与上阀体为螺纹连接，顺时针旋转旋钮时，压簧受到压缩，产生的压力经上平头钉和胶垫，传至下平头钉，压住顶杆，顶杆下移，定位片中心孔打开，压缩空气经过油雾器手机管线进入高速手机。顶杆下移幅度越大，通向手机的压缩空气越多，压力表指示的压力就越大。逆时针旋转旋钮，通往手机的压缩空气则减小，压力表指示的压力亦随之减小。

3) 油雾器：主要用于涡轮手机，以减少微型轴承的磨损。压缩空气经过油雾器后，使其空气中含有一定成份的“高速牙油”分子，此油为高纯度的橄榄油，无毒，无味，无色，此油混入压缩空气推动高速手机，作用有二。一是润滑手机轴承，二是润滑车针和加强散热（包括患者牙齿）。通常，将视油罩内空间称上气室，储气罐内的空间称下气室。来自调压阀的压缩空气，通过喷油嘴间隙进入下气室、使下气室内形成一定压力，促使高速牙油沿吸油管进入滴油管。同时，下气室内的压力，又对滴油管的出口产生阻力。因此，上下调节油量螺丝，即可控制上下气室的压力差，达到调节滴油速度的目的。油量调节螺丝可用一字改锥转动。当顺时针转动时，螺丝下移，通道口间隙变小，上气室压力减小，滴油速度快，逆时针转动时，螺丝上移，间隙变大，上气室压力增大，滴油速度减慢。从滴油管流出的油滴进入喷油嘴空腔，由下端细孔中流出。由于此孔周围有来自调压阀的高速压缩空气，在缓冲套空腔内形成紊流，油滴离开细孔的瞬间即被高速气流击碎，并在空腔内进一步雾化。较大的油粒下沉，流回储油罐，细微雾化了的牙油分子随气流从下气室的出气口进入通往手机的管道。

4) 电磁阀：在空气压缩机工作的同时，电磁阀铁芯吸合，使压缩空气只能通过组合阀供涡轮手机工作。脚踏开关断开，电动机及电磁阀同时断电停止工作，电磁阀上端的排气口打开，排出整个机器内的余气，高速手机立刻停止工作。该电磁阀的作用有二，一是使高速手机立刻停止工作，便于治疗。否则断开脚开关后，机器的余气将会使手机继续工作到气压消耗完。这是口腔治疗过程中不允许的。二是停机后立刻排掉余气的目的，在于保证下一次启动机器时不带负载。

5) 压力表：用于指示气动牙钻手机工作状态的气压。

6) 组合阀：由阀体及介于其间的胶垫构成。上下阀体和胶垫上有很多纵横交错的槽和孔，为通气、通水和通油的连通管路。它的主要作用在组合和分配供气系统、供水系统、以及连接手机等。它是将整个涡轮机各系统的若干分散的零部件综合于一身的组合件。有时也称它为分配阀。随着口腔设备的不断发展进步，这种功能的组合分配阀进一步浓缩和微型化后，已较普遍地运用于各种类型的口腔综合治疗台，成为口腔现代高级设备的重要部件。

(3) 供水系统：包括储水桶及玻璃管压水器。

1) 储水桶又称水壶，各种不同型号的涡轮牙钻机，其采用的储水方式各异，一般是用塑料桶或金属罐。为防脏物堵塞管道和手机上的细小喷水孔，要求水质必须清洁纯净。

2) 压水器：为使高速旋转的车针及病人牙齿得到充分的冷却要求冷却水必须成雾状喷射为最佳。因此高速牙钻机的冷却水必须事先进行加压和雾化处理。各种不同型号或不同厂家的涡轮牙钻机的压水器也各异，一般情况下，凡采用金属罐储水

的涡轮机，它的压水方式多为直接供给储水容器压缩空气，以提高水压，使冷却水经供水系统管道从手机经雾化而喷出；凡采用塑料桶为储水容器的涡轮机，它们就必须另外设置一个提高水压的装置，它就叫玻璃管或其他耐压管的“压水器”。水壶和压水器之间由塑料软管联通，使水在涡轮机不工作时能自然地流向玻璃管内。为了防止压水器内的水不至被压回储水桶，在水桶与压水器之间必须装上一个单向阀，使水桶的水只能单向流入压水器。机器工作时压缩空气进入玻璃管，单向阀向下堵塞进水孔，带有一定压力的水通过中心的金属管流向手机。

（4）箱体系统：各种不同型号和厂家的涡轮机，其外形结构也各异，其基本结构如下：

1）手机支架：用于放置气动牙钻手机。

2）手机与主机相连接的软管及其气水接头。

3）器械盘：或叫作操作面板，可放置治疗器械，牙科材料及药品等，而且面板有电源开关，电源指示灯，调压旋钮，气压表等。

调压旋钮顺时针旋转为增大工作压力，反之则减小工作压力。正常工作压力为0.2～0.25MPa，此时车针转速可达3×10^5r/min。

4）随机附件：包括脚踏开关，电源插座及电源导线。

5）高速手机：一个主机可配置多种型号的手机，还可根据不同的用途配置气动洁牙机，三用喷枪等。

6）国产的各种气动牙钻机整机都是四个方向轮支撑，移动灵活，便于使用和维修。

7）电器控制盒：将分散的电器元件全部集中组合在一个控制盒内。包括电源开关及指示灯插座，电源线，脚开关插座以及电动机插座。控制盒与各控制件之间用插接件联接。

2．工作原理　见图16-2-3。

示意图的上半部分为电器控制部分原理，下半部分为气水部分的原理。

（1）电器控制部分的工作原理：插上电源，打开机上电源开关，220V交流电进入变压器，输出6V低电压，指示灯亮，同时输出12V电压供继电器工作，当踏下脚开关，继电器工作，接通220V电压使空气压缩机的电动机工作，同时接通电磁阀，使涡轮机的动力部分完全处于工作状态。

气水部分的原理为：电动机驱动空气压缩机工作，所产生的压缩空气经过滤后进入分水滤清器，经电磁阀，打开通道后，压缩空气进入调压阀，从调压阀出来的气分两路，一路通压水器，给冷却水增压，另一路进入油雾器，油雾器出来的气主要经气水接头供高速手机，驱动高速手机里的涡轮高速

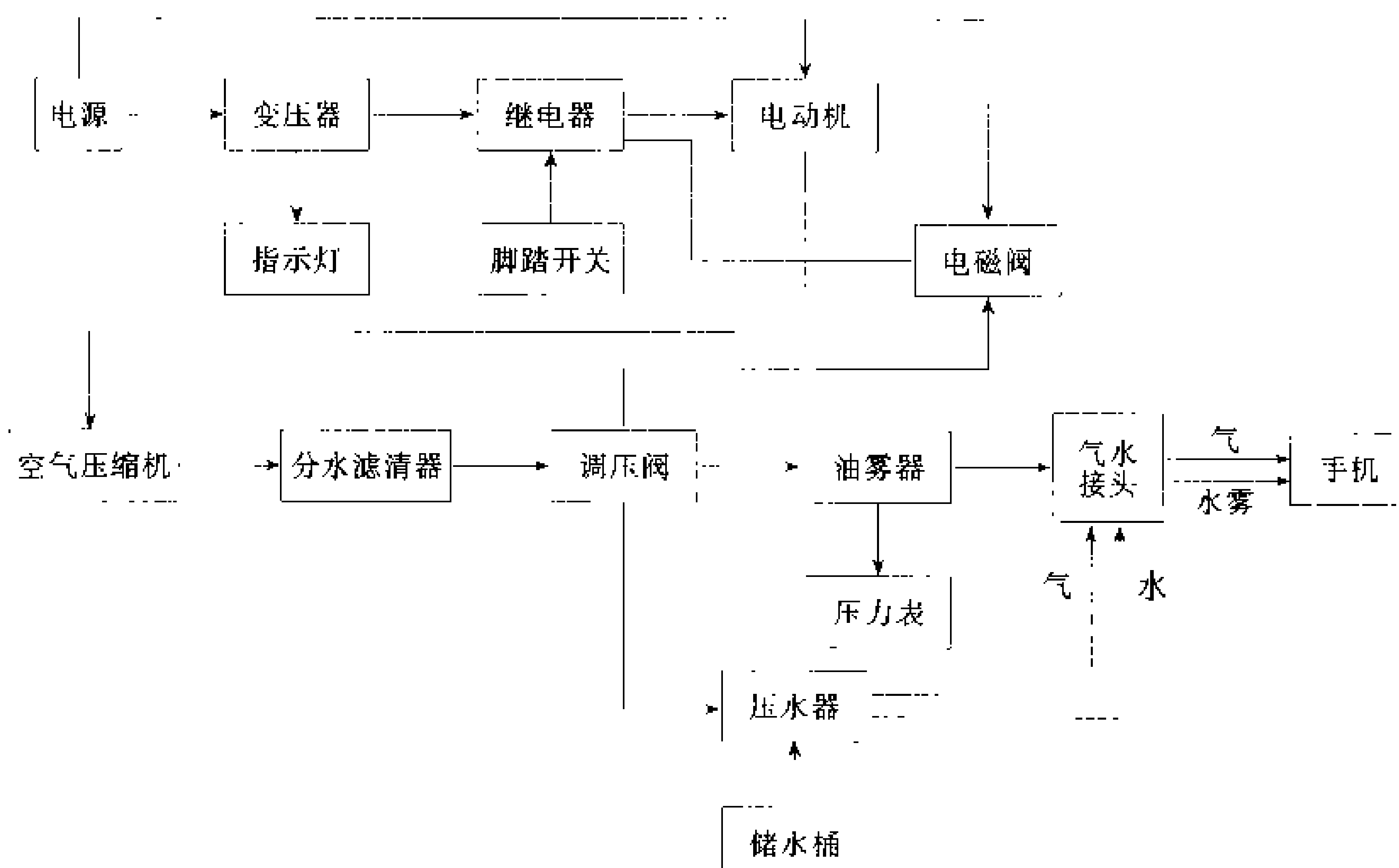


图16-2-3　气动涡轮牙钻机工作原理示意图

旋转。油雾器通气水接头的路上接有压力表，当高速手机工作时，所指示的压力就是高速手机的工作压力。从方块图上我们可以看出，从压水器通气水接头是两个通道，实际构造为两根细的毛细塑料管，一根细管是通水，另一根细管是通压缩空气，这样水和气同时通过气水接头，就在此接头处使液状的水和压缩空气同时喷射到出口处，便成为雾状冷却体从机头小孔喷出。该气水接头上设有水量调节旋钮，可调节喷水量大小。另外一种结构是两个细管直接接高速车头，在高速车头工作时，水直接从车头细孔喷出，与此同时另一根细管的压缩空气将水加速喷射成雾状。

(2) 整机气水管路的工作原理：当电动机顺箭头方向转动，驱动压缩泵工作时，所产生的压缩空气经散热管进入储气罐，罐的上方有一安全阀，如压缩空气超过安全压力，此阀便会自动打开排气，该安全阀的安全压力可根据需要任意调节。从图上我们可以看出，储气罐内有一过滤装置，这就是前面提到的压缩空气之第一次过滤。储气罐的下方为油水分离器，作用和原理前面已述。从储气罐出来的压缩空气再一次分离过滤，经调压阀后一路通油雾器，另一路通压水器，从油雾器出来的压缩空气一路通压力表，其主要部分直通气水接头供高速车头工作。压水器的工作原理前面已述。

(二) 操作常规

1. 主机的使用

(1) 将电源导线和脚踏开关线分别插到相应的插座上。

(2) 接通电源，指示灯亮，机器处于预备工作状态。

(3) 踩下脚踏开关，空气压缩机开始工作，压力表出现指示，涡轮机旋转。机器的正常工作压力为0.20～0.25MPa，如工作压力不正常，可旋动调压旋钮。顺时针旋转，压力升高，反之则降低。

(4) 高速车头如喷雾不正常，可调节手机尾部气水接头上的调水螺丝，顺时针旋转减少喷雾，反时针旋转增大喷雾。

2. 高速涡轮手机的使用

(1) 为保持车针高速旋转 3×10^5r/min，车针接触牙体的力应小于6g。气动牙钻机之所以有极强的切削力，完全是由车针的高速旋转所至。所以我们在使用高速牙钻时，应始终维持其车针的高速旋转，因此施加于牙体的力不应超过6g。如果施加于牙体的力越大，其结果是使车针转速越慢，反而降低了车针的切削力，欲速则不达。

(2) 采取点钻式操作，即车针稍稍用力接触所钻牙体部位约1秒钟左右立即松开。因为高速旋转的车针在接触牙体的瞬间带着极强的冲击力，当其受阻后立刻减速。为了储备能量，必须使车针重新加速旋转，这样一次次地冲击式钻牙才能获得最佳的钻牙效果。

(3) 保证高速车头不断喷出水雾，使车针和牙体得到充分冷却。

(三) 保养维修

1. 空气压缩机每使用半年至一年应清洗换油

表 16-2-4　气动牙钻机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
接通电源指示灯不亮	保险管熔断	更换保险管
	电源开关损坏	更换电源开关
	电源线折断或插头接触不良	焊接电源线或修理插头
	指示灯泡损坏	更换指示灯
接通电源不工作	脚踏开关未插好	插好脚开关插头
	脚踏开关断线或损坏	焊接或更换微动开关
	电机故障压缩机不工作	排除电机故障
气压低于最低标准	电磁阀漏气	检修或更换电磁阀
	机器内部漏气	查出漏气部位并修理
	传动皮带松脱	调整皮带的松紧或更换皮带
	空气压缩泵缺油	补加压缩泵的机油
主机工作噪声大	压缩泵盘形冷却管有相互碰撞	固定好冷却管，将碰撞部位隔离
	压缩泵磨损	检修压缩泵
	电磁阀故障	修理或更换电磁阀
机器工作一切正常手机无压力	手机故障，微型轴承损坏，轴芯损坏	修理手机，更换微型轴承，更换轴芯
	手机接头处漏气	排除漏气部位
高速手机喷雾不良	手机喷水细孔堵塞	清除手机细孔堵塞物，用细钢丝引通喷水细孔
	机器供水系统故障	排除供水系统故障
	压水器玻璃管破裂或漏气，水钉不灵活	更换玻璃管，排除漏气，更换水钉
	手机软管中的微细管堵塞或老化	疏通或更换手机软管内的微细管

一次。程序为打开主机后盖，拧松油水分离器放污螺帽，启动机器，使油污从此处喷出。然后从储气罐加油口加入300g干净煤油或汽油，摇晃机器数分钟，再启动机器运转数分钟，按以上方法排除污油，最后加入13号机油。加油量以视油窗上的刻度标线为准。

2. 每使用1～2周按上述方法排出油水分离器的水份和杂质。

3. 经常更换空气压缩机进气口的过滤纱球，以保证进气口畅通和吸进压缩机的空气之清洁度。

4. 如发现玻璃管及储水桶底部有沉积物，应及时清除。

5. 调整安全阀，补偿储气罐内的压力。其方法是拧松安全阀上的锁紧螺母，然后顺时针拧紧压盖螺丝，使密封钢球的压力增大，阻止储气罐中的气体排出，以增加储气罐内的气压。

6. 如果气动牙钻机出现严重故障，空气压缩泵不工作，或严重漏气等，应由专业维修人员检修，以免造成更严重的故障和损坏。

（四）常见故障及其排除方法

常见故障及其排除方法见表16-2-4。

（沈贤华）

第三节 牙科手机

牙科手机（dental handpiece）是安装在各类牙钻机末端，用于夹持车针，完成对牙体的钻、磨、切、削，以及修复体的修整和抛光等，常与牙钻或综合治疗台配套。牙科手机的种类较多，根据其转速和结构，可分为高速手机和低速手机。高速手机包括滚珠轴承式涡轮手机和空气浮动轴承式手机，该类手机利用高压空气驱动手机机头内的微型涡轮，使涡轮的转速达（3～5）$\times 10^5$r/min，车针的切削线速度达15m/s以上。低速手机包括气动马达手机、微型电动牙钻手机和台式牙钻手机，其转速为每分钟数万转以下。下面介绍几种常用的牙科手机。

一、滚珠轴承式气涡轮手机

（一）结构与工作原理

滚珠轴承式涡轮手机主要由机头、手柄及手机接头构成。

1. 机头 机头由机头壳、涡轮转子、后盖组成。

（1）机头壳是固定涡轮转子的壳体，它的前端中心位置有一通孔，夹轴从此伸出，通孔旁有一水雾孔。如是光纤手机，还有一光导纤维出光孔。机头壳侧面与手机柄相连，手机壳后端固定机头后盖。

（2）涡轮转子是机头的核心部件，它由轴承、叶轮和夹轴组合而成。叶轮前后各一个微形轴承紧固在夹轴上，涡轮转子通过卡在轴承外环上的两个O形橡胶圈，固定在机头壳内。

机头内所用微形轴承的内径基本相同，其厚度和外径因手机牌号和型号的不同各异。叶轮一般由铝合金制造，呈多齿状，但叶片的多少和叶轮的形状因手机不同各异。机头内夹轴呈空心圆柱状，外圆与轴承和叶轮紧配合，内孔因夹持车针的方式而不同。簧片式夹轴内孔有三片均匀分布的弓形簧片，车针柄插入其中，簧片受力变形夹紧车针。螺旋夹针式夹轴，内孔装有开有三条轴向槽的锤度夹簧，夹簧在扳手的作用下沿夹轴内孔中的螺纹前后移动，夹紧或放松车针。

按压式夹轴内孔，同样装有一锤度夹簧，夹轴后端还装有一制动器弹簧，夹簧在制动器弹簧的作用下收紧夹持车针。当手按后盖，压下制动器弹簧时放松夹簧。

（3）后盖，固定在手机头壳后端，内部通过O形圈支撑后轴承。簧片夹针式和螺旋夹针式后盖中心有一通孔，用来插入扳手，装卸车针。

按压式手机后盖为双层结构，中间装有压盖弹簧，平时弹簧处于放松状态，按下机头后盖后，后盖压迫夹轴制动器，放松夹簧即可装卸车针

2. 手柄 手柄是手机的手持部位，为一空心圆管，内部有手机叶轮驱动气管和水雾管，光纤手机还装有光导纤维、灯泡、灯座和电线，部分手机还装有回气管、过滤器、防回吸装置和气体调压装置。

3. 手机接头 手机接头是手机与输气软管的连接件，推动手机叶轮旋转的主动力气流和产生雾化水的支气流、水流，分别通过管路进入手机接头的主气孔、支气孔、水孔通向手机头部。

手机接头有两种结构：螺旋式——用紧固螺帽联接。快装式——插入后用锁扣联接。

常用手机接头有2孔（大孔为进气孔，小孔为水雾孔），和4孔（最大孔为回气孔，第二大孔为进气孔、两个小孔，分别为水雾进气孔和进水孔）两种。用于光纤手机的手机接头，除有以上气、水孔外还增加了两根金属插针，用于给光纤灯泡供电。

工作原理：手机的转动原理与风车相似，利用压缩空气对叶轮片施加推力，使其高速旋转。高压流动空气，沿主进气管进入进气口，高速气流便对叶轮片产生推力，使叶轮带动夹轴高速旋转。连续而稳定的气流使叶轮不停地匀速转动，做功后的余气从排气管排出手机外。车针装于夹轴内，夹轴又固定于叶轮轴芯，所以叶轮的转动带动了车针同步转动。

（二）操作常规

1. 涡轮手机的驱动气压　输进手机的压缩空气必须是干燥和清洁的，气压在0.2～0.22MPa，否则，气压过低，手机转动无力，气压过高，加速手机轴承的磨损。

2. 正确装卸车针　装卸车针必须在夹簧完全打开的状态下进行，以免损坏夹轴。

3. 使用合格的车针　手机夹轴对车针柄直径要求十分严格，必须在1.59～1.60mm。

4. 手机在通气转动之前，必须夹持一根合格的车针，以免夹簧在松弛状态下高速旋转受损。

5. 使用合乎国际标准的车针。即使车针有微小弯曲、缺损、也必须立即更换，以免缩短轴承寿命。

（三）保养

1. 清洁

（1）装卸车针前用小毛刷清除工作头附近的碎屑。

（2）用75%的酒精擦净手机头部。

2. 润滑　气压喷油罐是手机最理想的润滑工具，它不但可以润滑手机，还可达到清洁轴承和叶轮的效果。

（1）手机在使用喷油罐之前，卸下车针，并用纸巾包住机头壳。将喷油罐喷嘴插入手机接头进气孔，以保证有足够的气压来清洁轴承。

（2）气压喷油罐必须垂直使用。

（3）每日上、下午工作结束后，各润滑手机一次，每次喷射2～3秒钟。

（4）润滑方法：①带有快联接头的手机，要把气压喷油罐喷嘴插入手机接头。②2孔手机，喷油嘴对准大孔喷射。③4孔手机，喷油嘴对准第二个大孔喷射。④如果用滴油法润滑手机，用带滴油嘴的油罐，向手机进气孔滴注润滑油4滴，然后必须再用压缩空气向加油孔内间歇吹气半分钟。

3. 消毒　手机是造成交叉感染的主要途径。

（1）消毒前先清洁和润滑手机并用干净纸袋封好；

（2）放入消毒锅内135℃，消毒15分钟。

（3）消毒后即取出，不要在消毒锅内过夜。

（4）使用时再剪开纸袋。

（四）常见故障及排除方法（表16-2-5）

表16-2-5　手机常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
手机转动无力	工作气压低于额定值	调节气压至额定值
	车针磨损或弯曲	更换合格车针
	轴承上有污物或损坏	清洁或更换轴承
无冷却水雾	机头出水孔堵塞	用细钢丝疏通水雾小孔
手机尾部漏水	治疗台管线接头不合规格，致使拧不紧，封闭不严	更换合格接头
车针松动	检查车针是否合乎国际标准	更换合格车针并拧紧夹簧
	使用中受振动	每使用一次后，都将车针卸下再拧紧，以确保使用安全

二、空气浮动轴承式气涡轮手机

（一）功能用途

空气浮动轴承式高速气涡轮手机，由于工作时没有了滚珠的机械磨擦，因而转速更高，更平稳，机芯使用寿命更长。

（二）结构原理

空气浮动轴承式气涡轮手机的整体结构及工作原理与滚珠轴承式气涡轮手机相似，所不同的是空气浮动轴承式气涡轮手机的叶轮夹轴依靠前后各一个空气轴承支撑。空气轴承为精密度和光洁度很高的硬质合金钢套，其上有数个圆周分布的微孔，钢套的内孔与夹轴之间有0.05mm的间隙，钢套外环的上下各有一条凹槽，凹槽内装有耐油的O形橡胶圈，它具有密封和减震作用。当高压空气进入手机头部，一部分气体通过微孔，均匀的进入夹轴与

钢套内孔的间隙，形成气膜，将夹轴悬浮在气膜之中，另一部分气流推动叶轮旋转。

（三）操作常规

使用前，用无油清洗润滑剂对准进气孔冲洗2秒钟。其余操作常规与滚珠轴承式气涡轮手机相同。

（四）保养维修

1. 定期检查和清洗空气过滤器，确保进入手机的高压空气不含水份和杂质。

2. 每天使用前，从手机尾部接头进气孔喷射无油清洗润滑剂2秒钟。

3. 每天使用完毕后，用一块干净软布将手机头擦干净，装上车针，将机头浸入清洗剂中，手握车针正、反转动10次，取出机头，踩动脚开关，使手机运转10秒钟左右，然后卸下车针。

4. 空气浮动轴承式气涡轮手机的常见故障及其排除方法与滚珠轴承式气涡轮手机相同。若清洗后转速仍低并伴有震动时，应将涡轮机芯组件全部更换，方法如下：

①使用专用板手，打开手机头后盖。

②取出旧的涡轮机芯，用酒精清洗手机头部，待干燥后，装上新的机芯，上好后盖。

三、气动马达手机

（一）功能用途

气动马达手机由气动马达和与之相配的直机头或弯机头组合而成，具有正、反转和低速钻削功能。

（二）结构原理

1. 气动马达　气动马达由定子、转子、轴承、滑片、滑片弹簧、输气管、调气阀、消音气阻及空气过滤器组成，高压空气沿马达定子内壁切线方向进入缸体内部，形成旋转气流，借助滑片推动马达转子旋转，转子通过联轴叉带动机头工作。有些型号的气动马达前端还装有行星齿轮减速器，使气动马达低速时能获得大的扭矩。

2. 直机头　直机头由芯轴、轴承、三瓣夹簧、锁紧螺母及外套组成。芯轴由两个轴承夹固在机头壳内，芯轴内前端装有锤度三瓣夹簧，转动锁紧螺母，可使三瓣夹簧在芯轴内前后移动，放松或夹紧车针。芯轴由气动马达带动旋转。

3. 弯机头　弯机头由带齿轮和夹簧的夹轴、齿轮杆、轴承、钻扣及机头外套组成，马达将动力传递给弯手机后轴，后轴通过齿轮驱动中间齿杆旋转，中间齿杆又用齿轮驱动夹轴齿轮，夹轴齿轮带动夹轴内的车针旋转。弯机头有多种型号，可根据不同治疗内容、要求选用。

用于根管治疗的弯机头，一般都在手机尾部装有一组减速齿轮（型号不同，减速比不同），前部夹持车针的部分，有的是作90°往复摆动，有的是作上下往复摆动。

用于牙种植的弯机头，根据不同需要，减速比在4:1～1024:1之间不等，有多种型号可供选择。牙种植用手机受力较大，因此手机内部结构强度比一般治疗用的要大，价格也贵，但使用起来安全系数也要大。因此，不要将一般治疗用弯头装在牙种植用减速手机上使用，以免在手术过程中出现故障。

（三）操作常规及注意事项

1. 工作气压不得大于0.25MPa。

2. 压缩空气不含水和杂质。

3. 气动马达连接轴插入直、弯机头时，马达上的卡扣应锁紧。

4. 选用合格的磨石和车针，车针柄直径过小过大都会损坏机头。

5. 直机头未夹紧车针，不得开动马达。

（四）保养维修

1. 每天使用前，从气动马达尾部进气孔喷射含油清洗润滑剂2秒钟。

2. 每天工作完毕后，卸下直机头与弯机头，最好使用专用喷油嘴，装在喷雾油罐上，插入手机尾部，握紧（以防压力将手机喷出受损），喷油雾2～3秒钟，即可将内部污物清洗干净，并同时将轴承润滑。在高温消毒前，也必须如上方法喷油润滑。

如果使用无压力的润滑油，则从机头后部传动轴旁加注3～5滴润滑油，再装在气动马达上，轻踏几次脚踏开关，令直弯机头慢慢转动几秒钟，以使润滑均匀。

对于弯机头也应如此润滑，同时还应注意。松开弯机头中部螺母，取出中间传动轴，在两端齿轮上各加注2滴润滑油。

（五）常见故障及排除

方法见表16-2-6。

表 16-2-6 气动马达手机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
气动马达转速突然下降	马达气管接头连接不良	拧紧马达与气管
	输气软管漏气气压不足	更换输气软管和检查并恢复气压
马达不转	马达直手机未装车针或马达损坏	装好车针，维修或更换马达
马达扭力不足	气路中有异物、污垢等	拆卸清理
直手机夹不住车针	三瓣夹簧有锈污	清洗三瓣夹簧
直手机不转	轴承损坏	更换轴承
弯手机卡不住车针	针卡磨损	更换针卡
弯机头转动无力	齿轮磨损、故障	更换齿轮

（荣天林）

第四节 口腔综合治疗机

口腔综合治疗机（dental unit）是指机、椅分离的综合治疗机。将牙钻手机、照明灯、痰盂、喷枪、吸唾器、器械盘等组成一个完整单位，能与各种类型的牙科椅配套使用。按其装备手机动力不同又分为两种类型，一种是以气动手机的综合治疗机，含高速气涡轮手机和低速气动马达手机，此种综合治疗机如配上联动的牙科椅则构成综合治疗台。另一种是只带有电动手机的综合治疗机，亦称为简易综合治疗机，具有体积小，操作方便，技术性能稳定，故障发生率较低，便于维修等特点，适用于基层单位。

（一）结构与工作原理

1. 电动综合治疗机主要由机体、电动机及三弯臂、冷光手术灯及灯柱、器械盘及污物罐、痰盂及排污管、脚踏开关等组成。工作原理同电动牙钻。

2. 气动手机的口腔综合治疗机除动力源不同外，其基本结构同电动口腔综合治疗机。动力源主要由气路、水路系统组成。工作原理如图 16-2-4。

（1）气路系统：0.5～0.7MPa 的压缩空气，由空气过滤器滤除气体中的水分和杂质后，送至手机的驱动气体控制部分、冷却水雾气控水阀和负压发生器的气控水阀。手机的驱动气体经控制开关传输至手机压力调节开关，经调定后，气体驱动手机旋转。

手机驱动气体调定值一般为：

高速涡轮手机：工作压力 0.25MPa，耗气量 35L/min，最大转速 350000r/min。

低速气动马达手机：工作压力 0.3MPa，耗气量 55L/min，最大转速 15000r/min。

（2）水路系统：压力为 0.2MPa 的自来水经过过滤后，进入手机的冷却水的气控水阀和负压发生器的气控水阀，分别进入手机的水雾量调节开关，给手机提供冷却水雾的水源和进入负压发生器产生吸唾器所需的负压。

（二）操作常规及保养

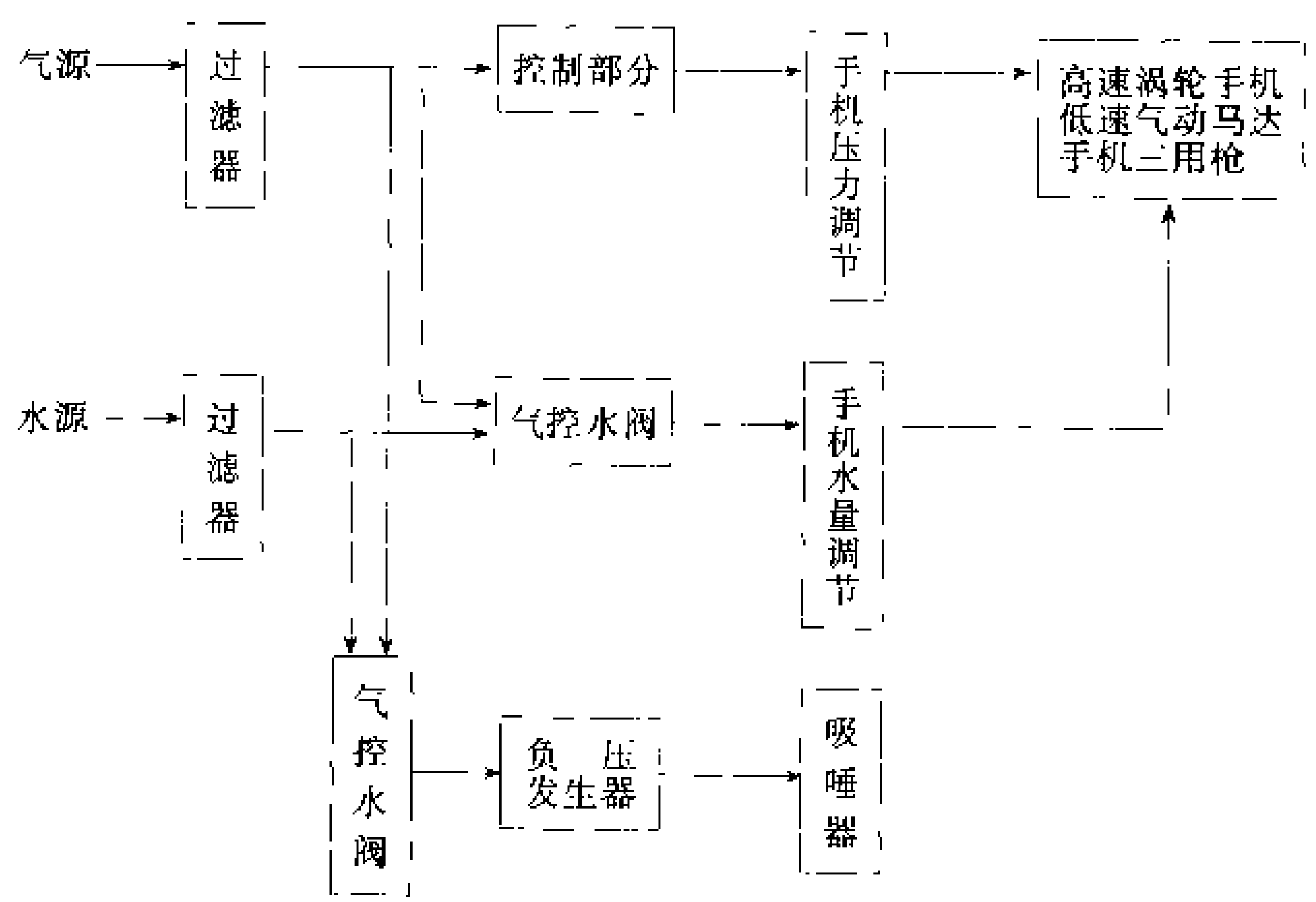


图 16-2-4 口腔综合治疗机气、水路系统示意图

1. 检查气、水、电是否安装良好，压力和流量应符合技术指标的给定值，电路的安装一定要由合格的专业电工按规范要求安装，并可靠的进行接地保护，确保医生和病人的人身安全。

2. 依据技术资料的要求，调定高、低速手机的工作压力、流量、冷却水雾量等。手机的工作压力切不可过高，否则会导致手机提前损坏。

3. 使用手机治疗时，应做到轻触、点动。

4. 手机在每次使用前，应清洗润滑。每治疗3~4个病人后，应再次加注清洗润滑喷雾剂。为了更好地起到润滑和清洗的作用，每次喷雾注油的时间应是1~2秒钟。注油后手机应放置30分钟左右再用，以便清洗液中的雾化剂安全挥发，润滑油达到最佳脂化状态。如用高温高压消毒手机，消毒前后都要对手机清洗润滑。

5. 严禁使用钝针、弯针、锈针等不合格车针。

6. 连接吸唾器的软管内通常有一个小过滤器，用以阻止较大颗粒进入负压发生器，影响其正常工作。过滤器应经常清洗或更新。决不允许在无此过滤器的情况下使用吸唾器。因为这会导致负压发生器的排水口堵塞。一旦出现排水口堵塞，进入负压发生器的水流会沿污染了的负压口和吸唾器软管倒流入病人口腔，污染治疗区域，极易给病人造成交叉感染。

7. 每日停诊后，应断掉综合治疗机的电源、水源和气源。

8. 每日开诊前和停诊后，必须将空气过滤器的排水阀开启数分钟，直至排气中不含油、水为止。

9. 每个病人治疗完毕，应用吸唾器吸入两杯以上的清水，用于清洗吸唾器的管道和负压发生器，防止污物结痂后阻塞负压发生器和吸唾管。同时也可以防止有害物质老化塑料制品和其他部件。

10. 每日停诊后，应对设备进行一次彻底擦拭，防止有害物质锈蚀设备。

（三）常见故障及排除方法

口腔综合治疗机常见故障及排除方法见表16-2-7。

表16-2-7　口腔综合治疗机的常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
高速涡轮手机钻削无力	车针磨钝	更换新车针
手机慢滴水	气控水阀关闭不严	清洗阀芯或更新密封垫
手机转速低	气压不足	检查并调整手机尾部的工作压力至正常值
	手机损坏	维修或更新手机
手机无冷却水雾	水路中气控水阀未开通	清洗气控水阀
	手机水路堵塞	用细钢丝清理、疏通手机的水管路及喷水孔
手机冷却水雾时有时无	气控水阀密封胶坏损坏	更新胶环
吸唾无力	水压低	将供水的压力调至0.2MPa
	吸唾管过滤器堵塞	清洗或更新过滤器
吸唾器倒流	负压发生器排水口堵塞	拆开负压发生器，将堵塞物清出
	负压发生器排水口软管压瘪	将排水口软管重新摆放好

（张长江）

第五节　口腔综合治疗台

口腔综合治疗台（dental treatment system）又称连体式口腔综合治疗机，是口腔诊治工作的基本设备。随着医学科学的发展，新型的牙科综合治疗台的设计更符合人机工程学原理和四手操作要求，实现了机椅连动，使其功能齐全，操作简便。适用于牙体的钻磨、切削，牙体及牙周袋洁治，修复体的修整、抛光，以及牙周及牙槽手术等。随着口腔医学和现代高新技术广泛用于口腔技术装备中，口腔综合治疗台也在不断增加功能。市场上新近推出的一些口腔综合治疗台就加装了光敏固化机、超声波洁治器、心脏监护仪、口腔内窥镜和用数字技术处理的X光片显示屏等。提高了口腔综合治疗台的综合功能，方便了医生的操作，加强了医患之间的联系，增强了病人自觉配合治疗的意识。

口腔综合治疗台一般具有椅位预置位和自动复位功能，它可以自动记忆医生最习惯使用的治疗椅位和方便病人上下治疗椅。

口腔综合治疗台具有自动保护功能，当口腔综合治疗台整机下降时，不慎碰压了其他硬物，治疗椅会立即停止下降，并略为上升后自行停机；当口腔综合治疗台的一支器械正在治疗操作时，整机被锁定，其他任何操作均无效，以便保证医生治疗操作的准确。

（一）结构

口腔综合治疗台主要由电动牙科椅和治疗机组成。

1. 地箱 地箱是口腔综合治疗台的水、气、电、下水与外部提供的水、气、电、下水条件的交接处。

（1）压力为0.5～0.7MPa的压缩空气通过过滤器滤除其中的杂质和水份后，经过压力调节阀将气压调定在一个稳定的值（0.5MPa），然后进入附体箱和器械盘的气路。

（2）压力为0.2MPa以上的自来水通过过滤器和压力调节阀，将水压调定在额定工作压力值（0.2MPa），然后进入附体箱和器械盘的水路。

（3）电源220V50Hz的交流电源进入地箱，经接线端子分配后，分别送到冷光灯、治疗椅、器械盘等用电部位。

（4）痰盂的下水管、吸唾器、强吸器的排水口，均回流至地箱内的下水管。

2. 附体箱 附体箱固定安装在治疗椅的左侧面，随治疗椅的升降而升降。附体箱内装有水杯注水器、漱口水器、强吸负压发生器、吸唾器负压发生器；外部有三用枪、强吸器头、吸唾器头、痰盂、水杯注水器、喷嘴等。同时它又是其他部分，如冷光灯、器械盘的基础机座。

（1）水杯注水器：为病人提供漱口水。水量由重量或时间自动控制。水量调节很方便，一般为50～300g/杯。

（2）漱口水加热器：位于水杯注水器的前端，采用电加热方式将漱口水加热到适当温度，免除冷水对病人口腔的刺激。

（3）三用枪：附体箱外部安装的三用枪，水、气压由附体箱直接提供。

（4）强吸器和吸唾器：强吸器和吸唾器的负压发生器的工作原理与口腔综合治疗机的吸唾器的工作原理完全相同。不同之处为产生强吸负压的流体是压缩空气。当流体的压力为0.4MPa时，强吸器的负压度为0.01MPa，抽吸速率在20L/min以上。

（5）痰盂：位于附体箱上部，下水口有污物滤网和污物收集器。冲盂水流能沿整个盆底旋转，排水速率大于4L/min。

3. 器械盘 器械盘主要用于吊挂或放置高、低速手机、三用枪等，盘面上可放置治疗所需的常用药物和小器械。器械盘的边缘装有观片灯，器械盘的下部装有手机的水气路和手机工作气压表。器械盘最大载荷一般为2kg，盘面的水平倾斜度小于3度，水平方向的旋转范围达270度，垂直方向的移动范围大于30cm。

4. 冷光灯 冷光灯由交流12～24V供电，灯泡功率一般为55～150W，光强度13000～28000lx，光的强度可用无级或分级的方式调节。冷光灯焦距为80cm，光场为80mm×120mm。冷光灯反光镜的镀层可透射发热的红外线，而仅反射色温与日光接近的可见光，从而保证医生可观察到病人口内组织的真实颜色。

5. 牙科椅 牙科椅是口腔综合治疗台的重要组成部分。牙科椅的设计应符合人机工程学原理。外型平滑便于清洁和消毒。产生牙科椅动作的动力是电动机。依据将电动机的力传递到椅座、椅背的方式，牙科椅可分为液压式、机械式和丝杠式。一般治疗椅均具有帮助医生记忆最常用的治疗椅位（预置位）和自动复位功能。

6. 内部结构 口腔综合治疗台内部主要由气路、水路和电路三个系统组成。

（1）气路系统：口腔综合治疗台主要以压缩空气为动力，通过各种控制阀体，供高速手机、低速手机、三用喷枪和洁牙器等用气。综合治疗台使用的压缩空气要求无水、无油。

（2）水路系统：口腔综合治疗台的水源以净化的自来水为宜，有的手机要求使用蒸馏水。

（3）电路系统：口腔综合治疗台的工作电压为交流220V50Hz。控制电路电压一般在36V以下。

（二）工作原理

打开空气压缩机电源开关，产生0.45～0.50MPa的压缩空气，以供机头使用。打开地箱控制开关，水源、气源及电源均接通。打开冷光手术灯电源开关，分别按动牙科椅升、降、仰、俯等控制开关，可使牙科椅升、降、仰、俯。拉动器械台上的三用喷枪机臂，分别按动水、气按钮，可获得喷水和喷气，如同时按动水、气按钮，可获得雾状水，以满足治疗的不同需要。拉动器械台上的高速手机和低速手机机臂，踩下脚踏开关，压缩空气和水分别经过气路系统和水路系统的各控制阀到达机头，驱动涡轮旋转，从而带动车针旋转，达到钻削牙的目的。车针旋转的同时有洁净的水从机头喷出，以降低钻削牙时产生的温度。放松脚踏开关，

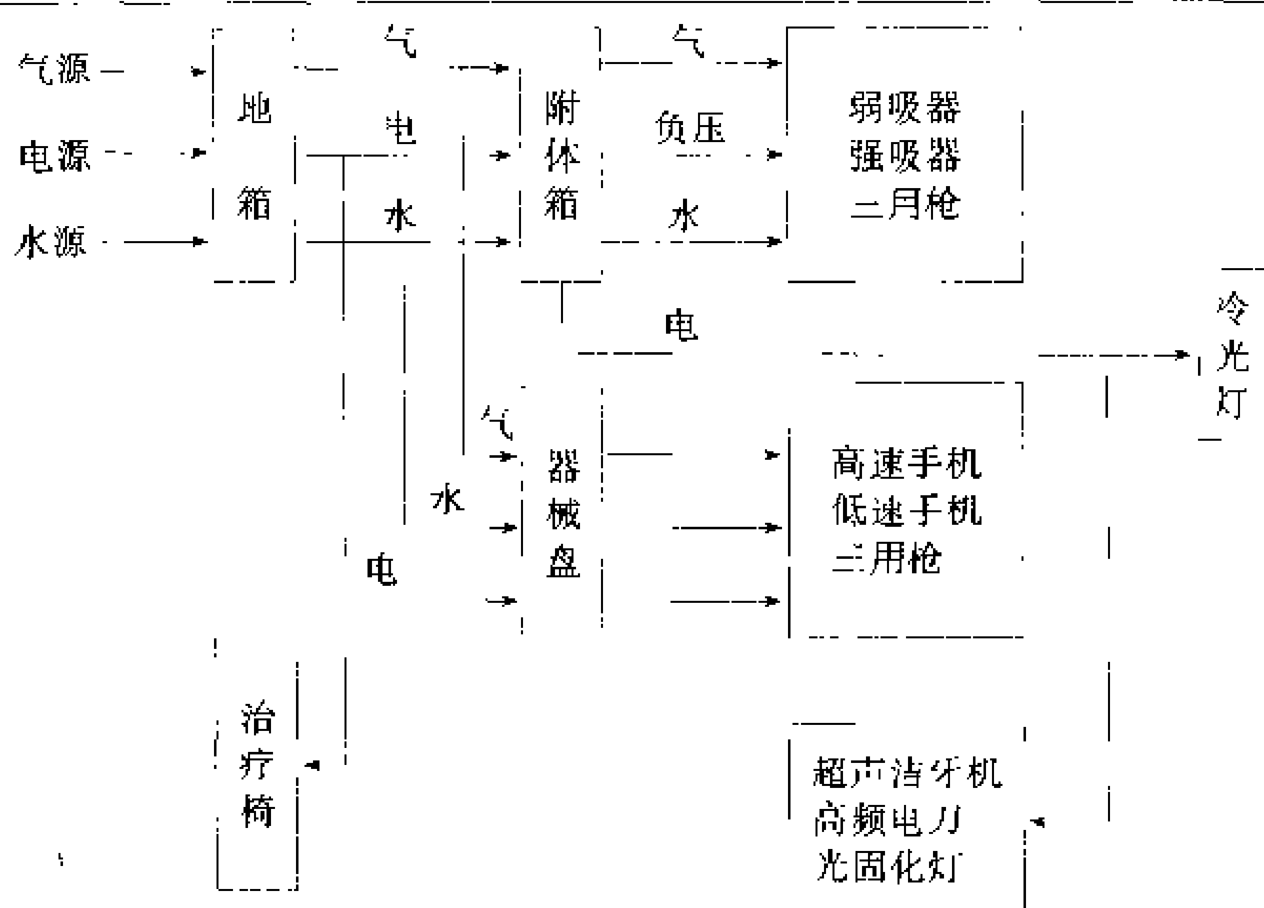


图 16-2-5 口腔综合治疗台工作原理示意图

机头停止旋转，医师可根据患者病情，选择高速或低速手机。有些综合治疗台已采用计算机程序控制上述各项功能。其工作原理见图 16-2-5。

牙科综合治疗台的主要技术参数：

供气压力	0.45～0.5MPa
最大耗气量	100～120L/min
现场水压	0.2MPa

（三）操作和保养

1. 每日开诊前后，应将空气过滤器上的排气阀开启，释放气体若干分钟，直至排出的气体不含油、水为止。

2. 水压力应保证符合口腔综合治疗台的技术指标值，一般为 0.2MPa。

3. 供电电源的工作电压应符合要求，一般为 220V±10%，均可以正常的工作。

4. 吸唾器和强吸器在每次使用完毕，必须吸入一定量的清水（至少两杯），以清洁管路、负压发生器等元件，以防堵塞和损坏。

5. 水杯注水的速度应调至适当，以防向外喷溅和溢出而污染治疗环境。

6. 每日治疗完毕都应用洗涤剂清洗痰盂。不得使用酸、碱等带有腐蚀性的洗涤剂，以防损坏管道和内部元件。定期清洗痰盂管道的污物收集器。

7. 手机的操作和维护，应严格遵照相关的技术资料推荐的方法进行。

8. 器械盘的设计荷载重量一般为 2kg 左右，切忌在器械盘上放置过重的物品，以防破坏其平衡，造成器械盘损坏和固位不好。

9. 使用涡轮手机前后，应将其对准痰盂、转动并喷雾 1～2 秒钟，以便将手机尾管中由于回吸作用而产生的污物排出，防止产生交叉感染。

10. 工作一段时间后，冷光灯反光镜表面会有浮尘而影响其效果，应定期用气枪或潮湿的软布将其擦净。严防划伤，影响冷光灯的效果。

11. 冷光灯在不用时应随时关闭。冷光灯泡的寿命一般为 1000 工作小时。由于反光镜的透射热的作用，长时间连续使用，会导致冷光灯后部过热而损坏。

12. 治疗椅表面要保持清洁，防止有异物落入治疗椅内部结构中。

13. 欲使用预置位开关调定治疗椅位时，应将治疗椅复位至初始位。这样才可以保证准确的调定预置位。

14. 每日停诊后，应对设备表面进行擦拭，防止有害物质腐蚀设备。

（四）常见故障及排除方法

口腔综合治疗台与口腔综合治疗机一样，也是机、电、水、气合一的设备，对外部环境也有较高的要求。由于外部供水供气的条件不够理想，或平时操作和日常维护的方法欠妥会使口腔综合治疗台出现故障而影响工作。

口腔综合治疗台常见故障及排除方法如表 16-2-8。

表 16-2-8 口腔综合治疗台常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
手机转速慢、强吸无力	压缩空气压力不足	将气压调至 0.5～0.7MPa
无手机驱动气体排出	主气路阀门未开启	修复更新主气路阀门
	脚开关未接通	修复脚开关阀门
	气管弯曲或堵塞	重新调整管道位置
手机无冷却水雾	手机喷水口堵塞	用细钢丝清理手机喷水口
	水雾量阀未开启	重新调整或更新水雾量阀
	水管堵塞或压瘪	重新摆放水管
高速涡轮手机转速过高并有啸叫声	工作气压偏高	将压力调整到手机额定工作值
	高速涡轮手机错装在低速气马达接口上	重新正确安装
三用枪无水或水压过小	三用枪喷口堵塞	用细钢丝清理喷口
	水量调节阀故障	修复或更新水量阀门
	水管堵塞或压瘪	将水管重新摆放
吸唾器和强吸器无负压或负压弱	负压管道过滤器堵塞	清洗或更新过滤器
	水、气压力不足	将水、气压力调至正常
	负压发生器堵塞或损坏	清洗更新负压发生器
治疗椅升降时有啸叫声	椅座、椅背油缸动作筒缺油	在动作筒处抹上少许液压油

（张长江）

第六节 超声波洁牙机

超声波洁牙机（ultrasonic scaler）是利用20kHz以上频率超声波振动进行洁治和刮治牙石、菌斑的口腔医疗仪器。同传统的手工洁牙相比，具有效率高、速度快、创伤轻、出血少及省时、省力等优点，可减轻患者的痛苦和降低医务人员的劳动强度，目前已广泛应用于口腔临床。

超声波洁牙机除具有洁治和刮治功能外，更换不同的工作头，可进行根管扩大、摘取套冠和固定冠桥、喷砂、去渍和抛光。

（一）结构与工作原理

1．结构 超声波洁牙机主要由发生器、换能器、可互换的工作头及脚踏开关四个部分组成。

（1）发生器：包括电子振荡器和水流控制系统。电子振荡器产生工作频率，输出至换能器工作头；水流控制系统调节流向换能器的水流量。

在发生器前板上装有电源开关、指示灯、功率输出量调节旋钮、水流量调节旋钮。根据不同治疗要求，调整输出频率，使之与换能器工作头的固有频率一致，即谐振时输出功率为最佳。

在发生器后板上装有电源线、脚踏开关插座、保险管座、输出线和水管。电源线用于连接220V/50Hz交流电源；脚踏开关插座与脚踏开关连接；保险管座内装电源保险管；输出线连接换能器手柄；水管连接自来水。

（2）换能器和工作头：超声波洁牙机的换能器因材料和工作原理的不同，有磁伸缩换能器和电伸缩换能器两种，而洁牙机的手柄也因所用换能器的不同有两种类型。

1）磁伸缩换能器：用金属镍等强磁性材料薄片叠成，通过焊接或用螺纹将变幅杆和工作头连接在一起。手柄为一中空塑料管，外绕电磁线圈，冷却水从中通过，工作时换能器插入线圈内，冷却水冷却换能器后从工作头喷出。镍片等强磁性换能器置于磁场中被磁化，其长度在磁化方向随磁场变化伸缩，带动工作头做功。

2）电伸缩式换能器：由钛酸钡（batio）等晶体做成圆板，其两面烧着银电极，圆板中间为一通孔，用中空的铜螺栓穿过，夹紧。螺栓一端接进水管，一端固定工作头。换能器注塑固定在手柄内不能取出。

当换能器两电极间施加电压时，其换能器晶体厚度，依电场强度和相同频率发生变化产生振动，进而通过螺栓带动洁牙工作头洁治。当电场强度的变化频率与换能器晶体固有频率一致时，换能器振幅最大。

（3）洁牙机工作头用不锈钢和钛合金制造，因要适应不同牙齿及部位的治疗，有不同的形状，依需要更换。

（4）脚踏开关：主要控制高频振荡电路和冷却水。

2．工作原理 由集成电路和晶体管组成的电子振荡器，产生28～32kHz的超声频率电脉冲波，

经手柄中的超声波换能器，转换为微幅机械伸缩振动，激励工作头产生相同频率的超声振动，见图16-2-6。从手柄中喷出的水，受超声波振动，水分子破裂，出现无数气体小空穴，空穴闭合时产生巨大的瞬时压力，迅速击碎牙石，松散牙垢，促使炎症消退，加快牙周病早期愈合。

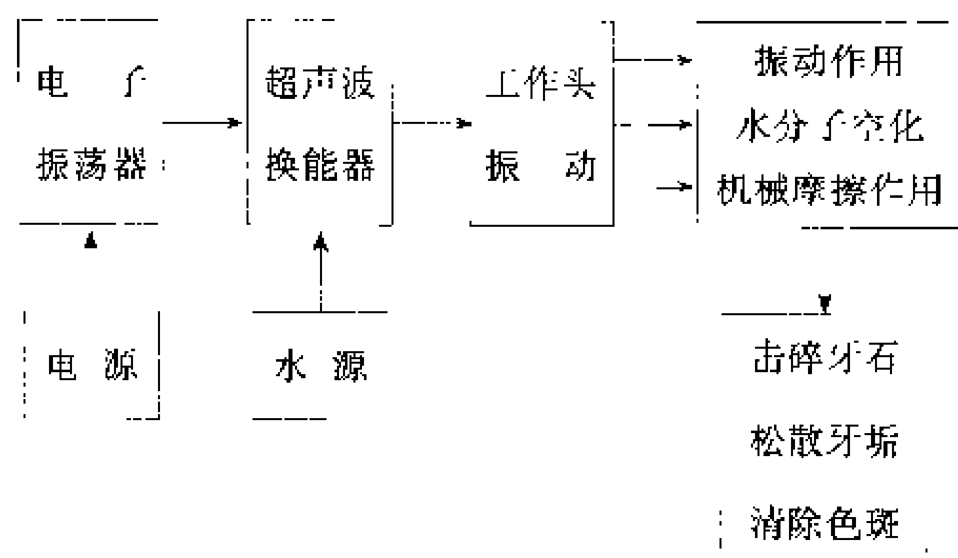


图 16-2-6　超声波洁牙机工作原理示意图

（二）操作常规

1. 将蒸馏水灌入压力水桶至容积3/4处，将压力桶出水管接至洁牙机后面进水接头并扎紧，向压力桶内打气加压至0.16MPa。

2. 将脚开关插头插入脚开关插座内。

3. 将洁牙机工作头的换能器（磁伸缩）插入手柄，或将工作头螺纹拧紧在手柄螺栓上（电伸缩）。

4. 接通电源，打开电源开关，指示灯亮。

5. 拿起手柄，调小功率旋钮，调大调水旋钮，反复踩下脚开关，直至水从工作头喷出。

6. 逐渐调大功率输出至合适值，仔细调节水量调节旋钮，使水雾量达35ml/分钟左右为宜，工作头喷水温度约40℃。

注意：

（1）电伸缩换能器质底较脆，不能承受过大冲击，手柄使用完后，应放在支架上。

（2）工作头应安装可靠，否则影响功率输出。

（3）治疗中不可对工作头施加过大压力，以免加速工作头的磨损。

（4）手柄电缆内导线较细，易折断，严禁电缆打死弯和用力拉。

（5）带有心脏起搏器的患者慎用。

（三）保养维护

1. 洁治时，输出功率强度不应超过其最大功率的一半，如有特殊需要加大功率时，应缩短操作时间，以免工作刀具和换能器超负荷工作。

2. 不应在工作头不喷水情况下操作，否则易损伤牙齿，损坏工作刀具及换能器。

3. 尽量减少换能器电缆的拔插次数，以免磨损微型密封圈，造成接口处漏水。

4. 机器连续工作时间不宜过长，以免机器发热产生故障。

5. 机器不用时，电源开关置于关闭状态，换能器及手柄应放在固定搁架上，不得跌落或碰撞。

6. 加压水壶盛水不可越过水位线，且压力不能过高，以免发生意外。

7. 若机器长期不用，应每1～2个月通电一次。

（四）常见故障及其排除方法

超声波洁牙机的常见故障及其排除方法见表16-2-9。

表 16-2-9　超声波洁牙机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
工作头不振动	电源插头接触不良	插好电源插头
	保险丝熔断	更换同规格保险丝
	脚踏开关接触不良	修理脚开关，或用砂纸打磨触点
	振荡电信号线断路	焊接断线
机器有水，但工作头喷不出水雾	工作刀具未拧紧	拧紧刀具
	工作刀具磨损或弯曲	更换刀具
	机器电源电压过低	调整电压至额定值
	喷水管道堵塞	疏通堵塞部位
机器输出功率降低	工作刀具螺丝不合适	更换工作刀具
	振荡电路故障	排除故障，更换损坏元器件

（荣天林　张金麟）

第七节　光固化机

光固化机（light curing unit）亦称光敏固化灯，是用于聚合光固化复合树脂修复材料的卤素光装置。

复合树脂材料的固化过程，由开始的化学固化逐步发展为紫外灯照射。70年代，研制出一种新型的可见光复合树脂材料，具有理化性能好、色泽美观、表面光洁、便于成型和抛光等优点。但这种材料必须在可见光范围内特定波长的光照下才能固

化，光固化机即是为这种材料提供特定波长冷光照射的设备。

目前，光固化机及复合树脂材料已在国内外普遍应用，对口腔疾病的治疗及前牙切角缺损的修复收到良好的效果。这一新技术的产生不但扩大了牙病的治疗和修复范围，而且满足了人们对美容、美齿的要求。

随着光固化技术的发展，光固化材料已经不再局限于充填材料，而且已研究出如印模材料、牙周敷料、镶面粘固剂、基底和底垫等材料。理想的光固化机应具有高光洁度、有更深和更广的光固化效果，能持续操作，且操作简便，使用安全等特点。

（一）结构与工作原理

1. 结构　光固化机主要由电子线路主机和集合光源的手机两大部分组成。其主机包括恒压变压器、电源整流器、电子开关电路、音乐信号电路、电源线及手机固定架；手机包括钨线卤素灯泡、光导纤维管（光束管）、干涉滤波器、散热风扇、定时装置、手动触发开关及主机连接线。

2. 工作原理　接通电源，主机电子开关电路进入工作状态，并输出一个控制信号，同时冷却系统散热，风扇运转。按动手机上的触发开关，光照触发，卤素灯泡发光。光波通过干涉滤波器，将不同频率的红外线光和紫外线光完全吸收，再通过光导纤维管输出均匀和波长范围为 380～500nm 的无闪烁光，使光固化复合树脂迅速固化。定时结束，音乐电路报警时，卤素灯熄灭，完成一次固化动作。再次按动触发开关，可重复以上过程（图 16-2-7）。

光固化机的主要技术参数：

光谱特性　在可见光范围内，不含紫外线光和红外线光，其光照度大于 60000lx

光固化效果　20 秒钟以上可固化大于 2mm 厚的材料

输入功率　110～170W

定时时间　有 20 秒、30 秒或 40 秒三种时间供选择

光波波长范围　400～500nm

卤素反射灯泡　AC12V，75～100W

工作电源　AC 220V/50Hz

（二）操作常规

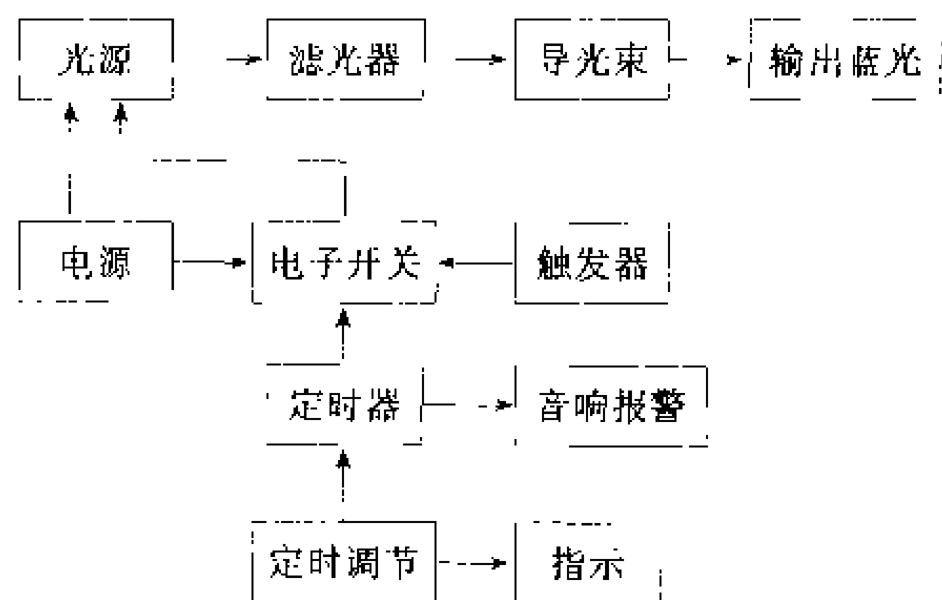


图 16-2-7　光固化机工作原理示意图

1. 接通电源。

2. 将光导束插入插口。

3. 根据需要选择光照时间，将光照定时开关旋至选定的档位。

4. 医师戴上护目镜，手持手机，将光导束头端面靠近被照区，期间保持 2mm。按动触发开关，工作端发出冷光，进行光照固化。定时结束后，卤素灯泡熄灭，蜂鸣器发出音乐信号，光照结束。再次按动触发开关，可重复操作。

5. 光照结束后，可将手机放置在固定搁架上，此时冷却风扇仍在运转，经数分钟温度降下后，关闭电源，拔下电源插头。

6. 固化时间的选择　材料厚度小于 2mm 时，选择光照时间为 20 秒；材料厚度 2～3mm 时，选择 30 秒；材料厚度大于 3mm 时，应适当增加光照时间和光照次数。

（三）保养

1. 机器在运输及使用过程中，避免剧烈震动。

2. 保持光导束输出端清洁，防止污染，工作时不可接触牙齿及树脂材料。若被污染，应用棉球擦净后使用，否则将影响光输出效率。

3. 光导束弯曲次数不宜过多，使用后尽量放直存放，光导纤维管应避免碰撞或挤压，以防折断。

4. 为避免灯泡过热，要注意间歇性使用。

5. 使用各类开关及手机，要注意轻拉、轻放，用力适当。

6. 机器使用完毕，应擦去水雾，清洗树脂材料的污迹，放置于干燥通风、无腐蚀性气体的室内。

7. 常备使用频繁的零件，灯泡组合件应放在干燥瓶内。

（四）常见故障及其排除方法

光固化机的常见故障及其排除方法见表16-2-10。

表16-2-10　光固化机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
整机不工作，指示灯不亮	电源插头与插座接触不良	使插头与插座接触良好
	保险丝熔断	更换保险丝
	变压器损坏	更换变压器
	三端稳压块损坏	更换稳压块
触发后，无光发出	触发开关接触不良或损坏	修理或更换触发开关
	卤钨灯损坏	更换卤钨灯泡
	光导束损坏	更换光导束
光照后，聚合硬度不够	卤钨灯已老化，光导纤维折断较多，或工作面污染	更换卤钨灯泡、更换光导纤维管，或去除污染物，或用光学抛光材料擦拭
	卤钨灯电源不正常	查找原因，保证灯泡的额定电压
再次按动触发开关光源不亮	触发线接地	排除触发线，光束插座或触发开关接地部位

（丁永敏）

第八节　口腔激光治疗仪

口腔激光治疗仪（dental laser）是一种利用激光治疗口腔疾病的设备，主要用于去除龋坏、根管消毒、牙体脱敏、牙体倒凹的修整、牙周手术、口腔粘膜病治疗、颌面外科手术、颌面美容等。与传统的治疗方法相比，激光疗法具有操作方便、精确度高、易于消毒、对周围组织的损伤较轻、缩短手术时间、手术视野清晰、出血少或不出血、病人痛苦轻等特点。

用于口腔的激光治疗机种类较多，包括He-Ne激光治疗机、CO_2激光治疗机、Nd:YAG激光治疗机、Er:YAG激光治疗机以及半导体激光治疗机等。本节以脉冲Nd:YAG（掺钕钇铝石榴石）激光治疗机为例，分传统和计算机程序控制两种机型进行简要介绍。

（一）结构

脉冲Nd:YAG激光治疗机主要由脉冲激光电源、激光器、指示光源、导光系统及控制与显示系统组成。

1. 传统的脉冲Nd:YAG激光治疗机

（1）脉冲激光电源：由储能电容器和配套电路组成。主要为储能电容器充、放电，为泵浦灯提供电能。

（2）激光器：包括激光工作物质、泵浦灯、聚光腔、光学谐振腔及冷却系统等部分。

1）激光工作物质：Nd:YAG晶体是激光工作物质，俗称激光棒，是激光器的关键元件。

2）泵浦灯：脉冲Nd:YAG激光治疗机通常采用脉冲氙灯作为泵浦灯。氙灯放电时，大部分的电能转变成光能，其余的电能转变为热能，致使氙灯和激光晶体温度升高。

3）聚光腔：由泵浦灯发出的光经聚光腔反射后聚集于激光工作物质上，以提高能量转换效率。脉冲Nd:YAG激光治疗机通常采用椭圆聚光腔。

4）光学谐振腔：最简单的光学谐振腔可由两个反射镜组成，一个为全反射镜，反射率接近100%，另一个为部分反射镜（输出镜）。光学谐振腔可直接影响输出激光的模式和转换效率。

5）冷却系统：主要通过水来冷却温度较高的氙灯管壁、激光晶体及聚光腔等。

（3）指示光源：由于1064nm的Nd:YAG激光是红外光，不可见，故需要有同光路指示的可见光，以确定Nd:YAG激光的作用位置及范围。通常采用He-Ne激光或红色的半导体激光作为指示光源。

（4）导光系统：导光系统的作用是将激光束导于需治疗的部位，脉冲Nd:YAG激光治疗机一般采用石英光纤作为导光系统，其传输损耗小，能承受很高的激光功率。

（5）控制与显示系统：由控制键或旋钮、表头及相关电路组成。用于控制和显示激光治疗机的工作状态。

2. 计算机程序控制脉冲Nd:YAG激光治疗机

该种治疗机除了包含上述激光治疗机的部件之外，还具有能量闭环检测系统、故障诊断及显示系统，安全互锁及报警系统等。

（1）能量闭环检测系统：该系统由计算机控制单元、能量探测系统组成。其原理是从激光光路上取出激光强度信号，实时反馈给计算机中央处理器（CPU），计算机将反馈值和预置值进行比较，自动调整激光的输出，实现激光输出的自动补偿，使其输出状态和预置的显示状态一致，确保了显示值的真实性和激光功率的稳定性，使治疗剂量的可重复性和疗效的稳定性有了可靠的保证。

（2）故障诊断及显示系统：该种治疗机设置了多个故障检测点，计算机实时进行监测，如发现故障会自动进入故障程序给予处理，以故障代码的形式显示在窗口上，同时自动停机。

（3）安全连锁及报警系统：该种治疗机带有安全连锁装置，发现有安全问题时会自动停机，并发出警报。

（二）工作原理

激光治疗机接通电源后，储能电容器充电，其充电电压达到预置值后，使脉冲氙灯放电，氙灯产生的光能通过聚光腔反射，会聚到激光晶体上，激光晶体吸收光能，产生粒子数反转，激光上能级的原子向激光下能级跃迁，产生激光信号，经过光学谐振腔的多次反射，通过激光晶体时产生受激辐射，光得到迅速放大，从输出镜输出激光。该激光通过聚焦透镜，会聚耦合到光纤内，通过光纤的全内反射，传输到光纤末端输出激光。激光对被照射的组织产生热效应、压强效应、光化效应和电磁效应，从而达到治疗目的。

工作原理如图16-2-8、9。

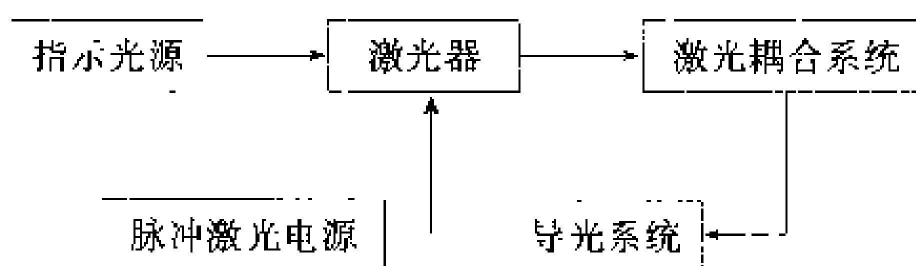


图16-2-8 传统的脉冲Nd:YAG激光治疗机工作原理示意图

（三）操作常规

使用之前，操作人员必须先经过有关的操作及临床培训，必须认真阅读使用说明书，严格按照说明书的操作步骤操作。

1. 传统的脉冲Nd:YAG激光治疗机

（1）接通电源，将钥匙插入锁开关，顺时针旋至“开启”状态（“I”），冷却系统启动，此时可听到水泵的工作声。启动预燃，氙灯处于预电离状态，相应的指示灯亮。

（2）根据需要，旋转电压调节旋钮和频率调节旋钮至所需值。由于该类设备没有能量检测系统，而激光能量又存在衰减问题，无法进行自动补偿，故电压与激光脉冲能量的对应关系会经常变化，应经常进行标定修正。

（3）按下“激光”键，指示灯亮。此时脚踏开关处于有效状态，踏下时会有激光输出。

（4）踏下脚踏开关，用相纸检查有无激光输出。在操作时，不能随意调整面板上的旋钮。

（5）治疗时，医师和患者都应带上激光防护镜，并让患者闭上眼睛。当有任何意外发生时，应立即按下急停开关。待处理完毕后，顺时针旋转此

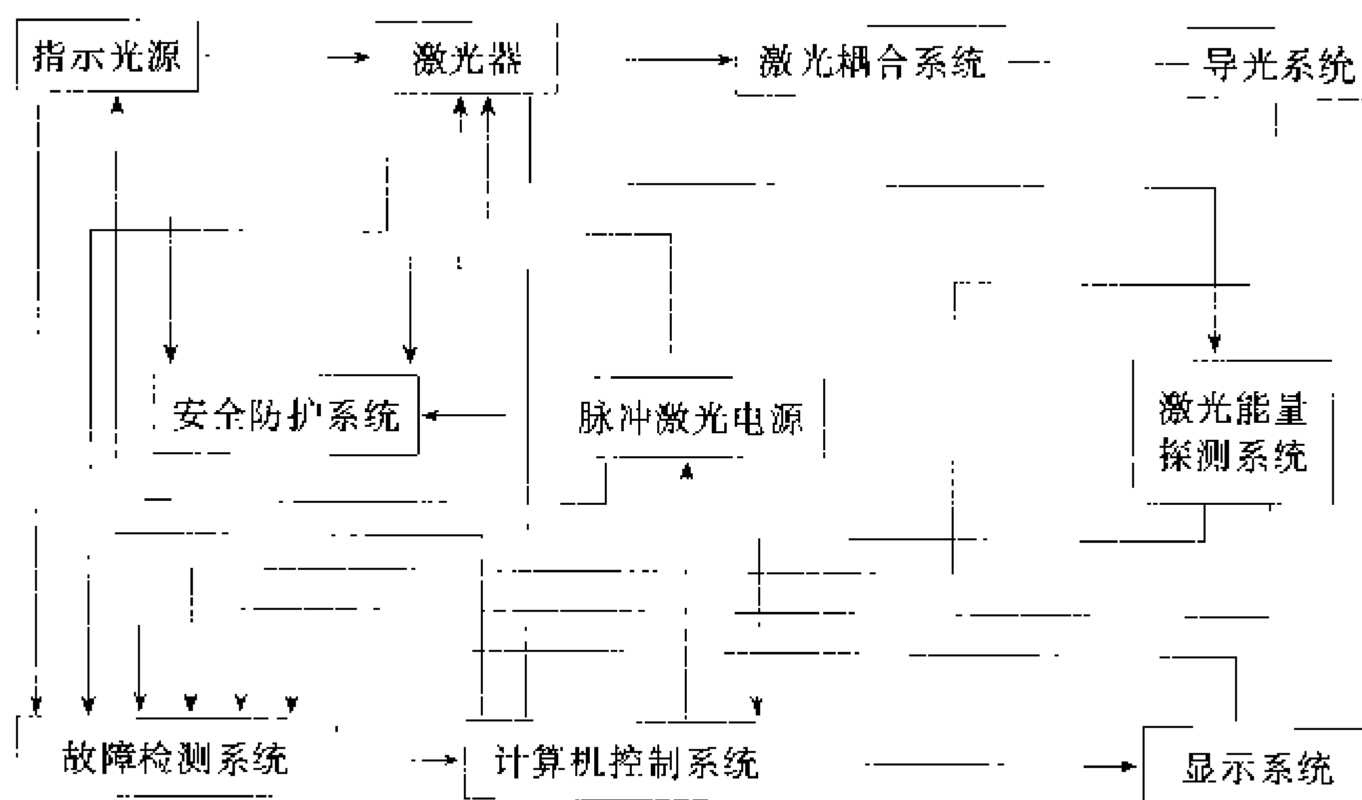


图16-2-9 计算机程序控制脉冲Nd:YAG激光治疗机工作原理示意图

开关复位。

（6）每治疗一位患者，都应将光纤末端受污染部分用光纤刀去掉，并进行消毒处理后凉干，防止交叉感染。

2. 计算机程序控制脉冲 Nd:YAG 激光治疗机

（1）接通电源，将钥匙插入锁开关，顺时针旋至“开启”状态（“I”），冷却系统启动，自动预燃。治疗机进行自动检测，一切确认正常后，进入待机（STANDBY）状态，窗口显示“0.00”瓦，待机指示灯亮。

（2）根据需要，设置脉冲频率（PPS）和激光功率（POWER）至所需值。确认无误后按一下指示光（AIMING）键，将有红色指示光输出。

（3）按一下准备（READY）键，治疗机进人激光准备发射状态。

（4）将光纤末端对准患者待治疗的部位，用脚控制脚踏开关的开合来控制治疗激光的输出，按照培训的方法进行照射治疗。

（5）治疗完成后，按待机（STANDBY）键使治疗机进人待机状态，相应指示灯亮。再次使用时可重复上述操作步骤。

（6）关机前，先按待机（STANDBY）键，然后将钥匙开关旋至断开（“O”）状态，切断电源，拔下电源、钥匙。取下光纤，将 SMA 光纤插头套上防尘帽，将激光窗口的防护盖拧上，将仪器罩套在治疗机上。

（四）安全防护措施

1. 检查光纤，确认无破损，中间无断、裂。

2. 治疗机的工作区或其防护包装的入口处，应挂上相应的警告标志。

3. 应防止意外的镜面反射。

4. 操作者和患者必须戴好激光防护镜，患者闭上眼睛，不许他人旁观。

5. 使用过程中如遇到异常，应立即按下急停开关，关机。查明情况并正确处理后再开机操作。

6. 光纤末端是激光的最终输出窗口，严禁指向人（治疗部位除外），不工作时，使其出口光路低于人眼以下，避免误伤。

7. 功率及频率的组合设定，应严格按临床验证的数据进行，严格控制剂量，严禁超剂量操作。

8. 治疗间隔时间较长时，可将治疗机置于待机状态或关机。

9. 脚踏开关是激光准备发射状态下唯一的控制开关，严禁误踏。

10. 一定要提高自我保护及对他人的保护的意识。

（五）保养

1. 保持室内环境及治疗机的清洁，不用时将治疗机罩上。

2. SMA 插头的光纤端面一定要保持洁净，不用时将防尘帽套上。该端面严禁触及它物。有污染时，应用分析纯的无水酒精按厂家培训的清理程序进行清理，严禁用嘴吹。

3. 注意光纤的使用与取放，严禁折断或人为拉断。保持自然松弛，轻取轻放。使用时，必须将

表 16-2-11　脉冲 Nd:YAG 激光治疗机常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
打开电源钥匙开关，治疗机不工作	急停开关处于“断开”的保护状态	顺时针旋转此开关，使其置于“接通”状态
	氙灯不预燃	关机后重新启动
	保险丝熔断	更换保险丝
	门开关处于“断开”状态	将门合紧
冷却水路漏水	水管老化	更换水管
	水泵漏水	更换水泵
光纤末端激光输出功率下降	光纤激光输入端面污染	清洗该端面
	光纤末端污染	切除污染部分
	光纤激光输入端面被破坏	更换光纤
	激光与光纤耦合的焦点偏移	调整相应光路
	氙灯老化	更换氙灯
	激光晶体内形成色心	更换激光晶体
	激光谐振腔失谐	调整谐振腔
激光器有激光输出，光纤末端无输出	光纤中间折断或激光耦合端面被烧毁	更换光纤
	激光耦合的焦点完全偏离	调整相应光路
氙灯已预燃，但无弧光放电	“激光”键未按下	按下“激光”键
	脚踏开关未接好	重新插好
	激光电源或控制电路有故障	检修相应电路

SMA插头拧紧，以防被打坏。

4. 应经常检查机器内的冷却系统，一旦发现渗水或漏水，应及时维修。冷却水为去离子水，按厂家规定进行定期更换。

5. 注意对电源线及脚踏开关连接线的保护，严禁碾、压，保持自然松弛状态。

6. 治疗机中有许多光学元件，应注意防震、防尘及防潮。

7. 长期停放时，每隔15天要开机一次，在待机状态下通电15分钟。

8. 检修周期为一年。

（六）常见故障及排除方法

1. 传统的脉冲Nd:YAG激光治疗机 常见故障及排除方法见表16-2-11。

2. 计算机程序控制脉冲Nd:YAG激光治疗机 有自我诊断与故障代码提示功能，不同生产厂家规定的故障代码不同。出现故障时，应按照维修手册中讲述的方法进行排除。

（雷成家 张志君）

第九节 口腔其他专用设备

一、颌骨动力系统

颌骨动力系统（powered surgical system）是以电动或气动为动力源，用于各类正颌外科手术、颌骨骨折的内固定及肿瘤手术中的切骨、截骨的口腔颌面外科设备。颌骨动力系统主要包括各类骨钻和骨锯，其种类较多，结构略有差异，但功能和用途基本相同。以下分别介绍各种机型的共同特性。

（一）结构与工作原理

颌骨动力系统由控制器、电动机（或气动马达）、机头、钻针和锯片等组成，利用电能使电动机轴产生各种方向的运动，带动机头上的钻针或锯片进行打孔或各种方向的截骨，或利用电能产生压缩空气，并以此为动力完成上述操作。

1. 控制器 控制器用于控制和调整电动机的启动、停止、转速和旋转方向。由电源、电子电路和各种功能开关等组成。

（1）电源：输入控制器的电源为220V 50Hz交流电，控制器输出的直流电压为3～30V，可无级调节，供电动机使用。

（2）功能开关：根据工作需要可选用手动或脚踏开关。

1）脚踏开关：某些机型备有两种脚踏开关：一种为踏下开关电源接通，放开开关则电源切断；另一种脚踏开关除控制电动机运转与停止外，还可控制电动机的转速。

2）速度调节手柄：用于调整电动机的转速。

3）指示灯：控制器上有电源指示灯和速度指示灯。电源指示灯亮表示电源接通。速度指示灯一般为一组指示灯，电动机的速度越快，指示灯亮的数量就越多。反之，指示灯的数量则少。

4）正反转控制开关：用于控制电动机旋转的方向，顺时钟旋转开关，电动机正转。逆时针旋转开关，电动机则反转。

5）恢复按钮：电动机短路或负荷使用时，控制器内的保护电路自动切断电源。这时只要纠正使用方法，按下恢复按钮，电动机即可再次使用。

6）可调速脚踏开关：在微动开关上装有可变电阻器，此开关可控制电动机运转、停止和转速。

（3）工作原理：控制器的输入回路由电源、熔断保险丝、电源开关及变压器组成。变压器将220V交流电变成30V和15V两组交流电。30V交流电经整流滤波后，由电子控制电路控制调整，输出直流电源，供给电动机使用。15V交流电则为用于控制电路工作的电源。

电子控制电路，由晶体管保护电路和可控硅调速电路组成。晶体管保护电路自动控制供给电动机的电流和稳定电压，并保护电动机在大电流、过热或超负荷时能及时切断电源，使电动机免遭损坏。可控硅调速电路是通过改变可控硅的导速角度来调节输出的直流电压，从而改变电动机的转速。由于输出电压可无级调节，电动机的转速亦可无级调节。但有些机型是利用变压器输出的不同电压，分档变速，这种机型内无电子控制电路。

（4）TPS（total performance system，TPS）系统：该系统除具有上述控制器所具有的全部功能外，尚可自动探测所接驳的手机头类型，并精确显示机头的转速、方向等技术参数。TPS系统还配有专用的可编程脚踏开关，可自行设定其工作程序，并将参数显示在屏幕上。

2. 电动机

（1）单相串激式电动机，其定子线圈和转子线

圈呈串联式，具有转动力大，转速可调节等特点。主要由定子铁芯线圈、转子、炭刷及炭刷架、换向器、电动机罩壳等组成。

（2）无炭刷微型电动机，是通过控制脉冲的占空比来调节转速的一种交流电机。该机不需炭刷和换向器，消除了积炭和炭刷磨损。它的另一个优点在于，采用了微机控制而使转速的显示更为简便和准确。

3. 机头　安装在电动机前端，分为直机头、弯机头和反角机头三种。根据操作需要，夹持各种型号的钻针或锯片。

4. 钻针及锯片　不论电动或气动颌骨动力系统，其功能均需依靠钻针或锯片来完成。

（1）钻针：主要包括进行钻骨用的旋转切骨钻和打磨用的圆钻两种。

1）旋转切骨钻：有渐细、圆柱和倒锥型三种，直径从 1mm 至 3.2mm 不等。最常用为 1～1.8mm。

2）圆钻：用于骨断端的打磨，直径 1～5mm 不等。

（2）锯片：主要包括进行前后向运动的往复锯、进行摇摆运动的摆动锯和在矢状方向运动的矢状锯。

1）摇摆锯：根据刀口宽度、深度及转速可分为多种型号。刀口宽度为 4.6～12mm，深度为 0.84～12mm。转速 13200～24000C.P.M。

2）往复锯：刀口宽度 7～37.5mm，锯片长度 4～33mm。转速 14500～17000 C.P.M。

3）矢状锯：刀口宽度 0.5～17mm，锯片长度 6～20mm。转速 21800～30600 C.P.M。

（二）操作常规

1. 手机导线插在控制器上。
2. 接通控制器电源。
3. 选择电/气动机旋转方向。
4. 选择控制方式，即手控或脚控，若脚控则要求脚踏开关与控制器连接。
5. 选择直机头、弯机头或反角机头，并与电/气动机连接牢固。
6. 选择钻针或锯片，将其安装在机头上。
7. 扳动控制器的电源开关至“on”位。
8. 转动控制器调速手柄，选择适宜转速。若使用可调速脚踏开关，则可直接控制转速。
9. 使用时用力要求均匀，压力不宜过大。

（三）保养

1. 经常保持机头和电/气动机的清洁和干燥。
2. 每日使用前和使用后均应用润滑清洗剂清洗直机头和弯机头，以延长其使用寿命。
3. 电动机和机头停止工作后，均应放置在电动机架上，防止碰撞或摔落。电动机不能加油。
4. 新机器应详阅随机说明书，并按要求操作。

（四）常见故障及排除方法

颌骨动力系统的常见故障及排除方法见表 16-2-12。

表 16-2-12　颌骨动力系统常见机械故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
按下电源开关，机器不运转	无电源或电源插头接触不良	检查电源，插好插头
	电源线断开或保险丝熔断	查明原因，更换电源线或保险丝
	超负荷使用，保护电路电源切断，开关或控制系统故障，元件损坏	纠正操作，或更换损坏之元件
手机振动异常	钻针或锯片安装不到位	重新安装钻针或锯片
钻针或锯片松动	钻针或锯片安装不合标准或与机头不匹配	更换钻针或锯片
机头温度过高	机头或电动机轴承损坏	更换轴承
	机头缺油	机头加润滑油
	连续工作时间过长	间歇使用

（胡静　李唐新）

二、高频电刀

高频电刀（high frequenoy electric knife）是利用高频电流进行生物组织切割与凝血的一种手术设备，主要用于口腔颌面外科以及牙周各类手术。高频电刀与传统的手术刀相比，具有功率高、组织出血少、可缩短手术时间等优点，是理想的外科手术设备之一。

按高频电刀产生高频电流的原理，分为火花式高频电刀、集成电路高频电刀和氩气增强电刀。前者已淘汰。

现代高频电刀已具备以下特征：

1. 微电脑控制，切凝自动转换，各种功率设置可调。

2. 浮地输出，声光报警，数字显示。

3. 具备单极电刀纯切，混切，单极电凝和双极电凝等功能。

4. 具有射频隔离，极板监测，有单项输出等各项安全措施。

5. 可选配各种不同形状的电刀头，以满足不同手术的需要。

6. 具备手控和脚控方式。

氩气增强电刀是为解决高频电刀在大面积弥漫性渗血的手术中止血困难，对组织损伤大，烟雾和异味重的问题面开发出的新型电刀，其特点：止血速度快，缩短手术时间（约 30%）；减少术中出血（约 40% ~60%）；痂面厚度只有普通电凝的1/3；无烟雾和异味等。

（一）结构与原理

高频电刀由主机和相应的附件包括手控开关刀柄、单极刀柄、脚控开关、电极板、电源线、接地线、双极线、双极电凝镊子及电刀刀头等组成。

高频电刀是利用高频电流的原理进行生物组织的切割和凝血。其基本工作原理是当整机电源接通后，电子线路振荡器产生高频振荡电信号，经逐级放大后，电信号从电子线路末级输出到工作头，以满足治疗工作需要。工作原理如图 16-2-10。

（二）操作常规

1. 开机前准备

（1）将模式调节旋钮、电切强度调节旋钮、电凝强度调节旋钮及双极强度调节旋钮置于“0”位，接地报警选择开关置于“开”位。

（2）机器良好接地，其接地电阻小于或等于0.4Ω。接好电源和脚踏开关导线。

（3）接通电源，电源指示灯亮，极板报警灯亮，并伴有音响报警，将电极板一端插入极板插座插孔内，极板报警即消失。

2. 仪器使用

（1）单极电切和电凝使用：单极电切和电凝均可用手控或脚控输出。若用手控刀柄，则将其插头一端插入手控刀柄插座，按下黄色按钮，电切指示灯亮，且有声音指示，调节模式调节旋钮或电切强度调节旋钮至合适的功率输出。在中间位置起始，顺时针调节模式调节旋钮，可增强电切效果；逆时针调节，则增强电凝效果。顺时针调节电切强度调节旋钮，可增加输出强度。一般在使用电切输出时，模式调节旋钮刻度放在约中间位置，这样在电切的同时，又兼有电凝效果。按下蓝色按钮，电凝指示灯亮，主要是止血功能。

手控刀柄和单极刀柄两者不能同时插入相应插座，只能将需要的一件刀柄插入。电切时，踩下黄色脚踏开关，并由模式调节旋钮和电切强度调节旋钮调节输出功率；电凝时，则踩下蓝色脚踏开关，并由电凝强度调节旋钮调节输出功率。

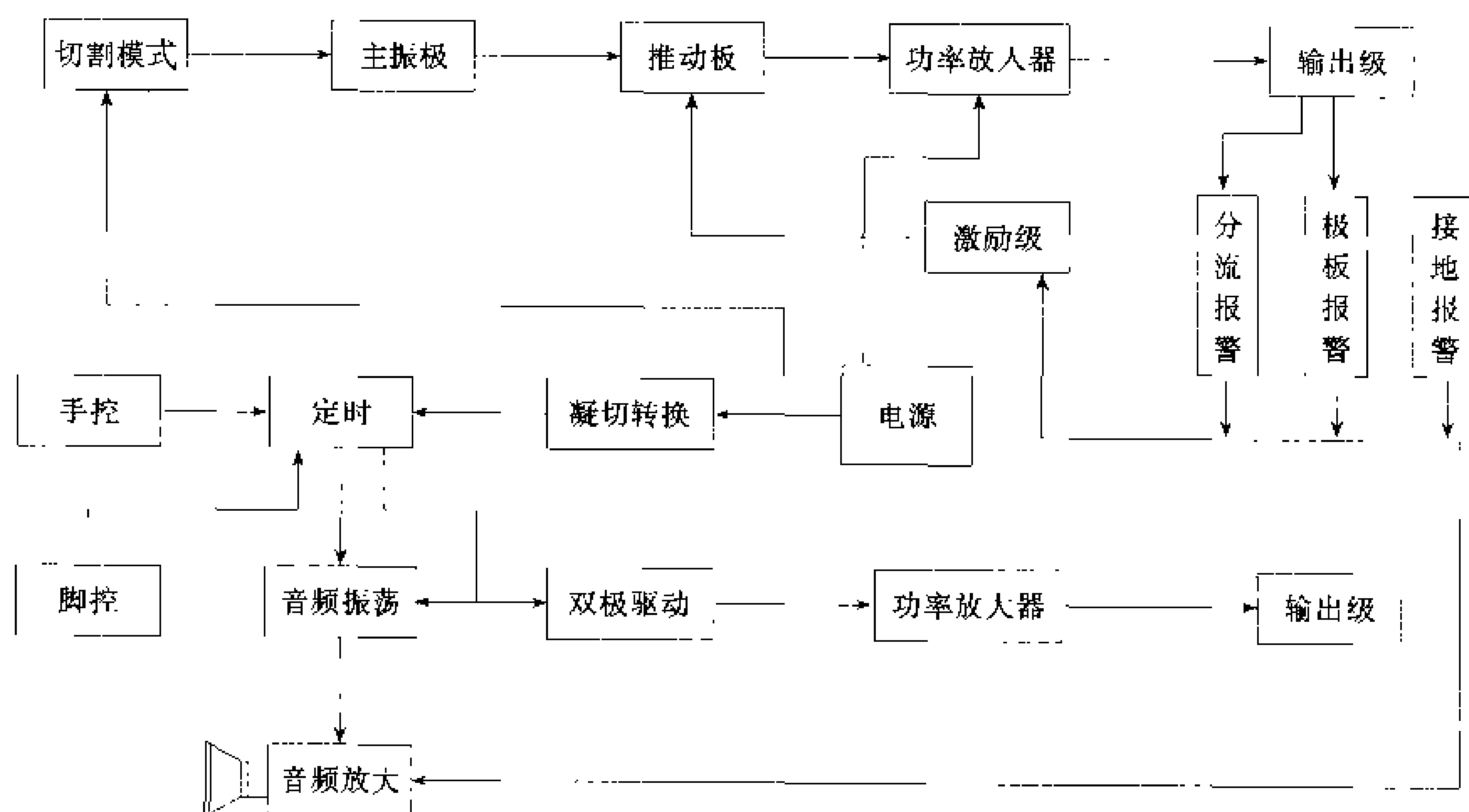


图 16-2-10 高频电刀工作原理示意图

（2）双极电凝使用：将双极线一端插头插入双极插座内，双极镊子钳尾部插入双极线插套内，根据手术需要将双极输出选择按钮开关置于低或高位置，踏下绿色脚踏开关、双极指示灯亮，并伴有不同于电切和单极电凝的音响，缓慢调节双级强度调节旋钮，直至凝血满意为止。

启动脚踏或手控开关后，功率输出能持续25秒钟左右，之后需重新启动开关。25秒钟内若不需要输出，只要放开脚踏或手控开关，输出功率随即消失。电刀有功率输出时，不可调节各种旋钮。

（三）保养

1. 使用过程中，若发现切割或止血作用有降低时，可清除刀具上的污物及检查极板是否接触良好。在清洗刀具污物时勿接通脚踏开关或手控开关。

2. 工作时，刀尖与极板与机壳间、双极镊尖间均不可随意接触，以免损坏刀具。

3. 若有报警信号出现，应立即停止使用。针对不同的报警信号排除故障后，方可恢复使用。

4. 放置导线时，应避免与患者或其他导联接触。

5. 患者同时使用高频手术设备和生理监护仪器时，任何没有保护电阻的监护电极均应尽可能的远离手术电极，此时一般不采用针状监护电极。

6. 操作者不能随意调节后面板上的平衡电容器。

（四）常见故障及其排除方法：

高频电刀常见故障及其排除方法见表16-2-13。

（雷成家　李朝云）

表16-2-13　高频电刀常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
开机后，电源指示灯亮，但无功率输出	脚踏开关或手控开关接触不良	用砂纸打磨脚踏开关触点
接线正确，接插件无松动，但仍无输出信号	机器内各接插件接触不良	用酒精棉球清洗接插件上的污物
电源指示灯和工作指示灯均不亮，踏下脚踏开关也无声音发出	功率输出级晶体管损坏	更换同规格晶体管
	有关电路元件损坏	更换相应元件
	电源线断线或插头松动	检查断路部位并焊接好，插紧电源插头
	电源保险丝熔断	更换同规格保险丝
	机内直流电路有故障	更换整流桥堆
任意踏下一个脚踏开关两个工作指示灯同时亮	二极管正反向特性不好，呈电阻性	检查单极工作状态集成块附近的二极管，必要时更换二极管
开机后，某一工作指示灯亮，并伴有声音，片刻后音响停止，但仍无功率输出	脚踏开关接触不良	拨开脚踏开关接触簧片，用酒精清洗或砂纸打磨触点

三、牙髓活力测定器

牙髓活力测定器（pulp tester）是用于口腔诊疗中判断牙髓活力灵敏度及特异度的仪器。该仪器分为手动调节式和数字显示式两种类型。手动调节式是将探头置于被测试的牙面，旋转旋钮使其逐渐增大高频电流，直至患者牙体对电流产生反应，然后放开探头，读出旋钮读数；数字显示式则只要按下开关，显示的数字便逐步增加，电流强度也随之增大，刺激患者牙体产生反应。

（一）结构与工作原理

牙髓活力测定器的主体为一脉冲发生器，其电生理刺激装置能产生600～700V的脉冲电刺激，输出端为方波电压波形。因为方波中有丰富的高次谐波，对神经的刺激比其他波形所产生的作用大。电压高于额定电压值时，指示灯亮；电压低于额定电压值时，指示灯自行熄灭。探头与脉冲发生器间有一个特殊的电源接触开关，按下探头，电路接通，抬起探头，电路断开。探头可在360°的范围内自由旋转。

仪器产生频率为100Hz，峰值电压为100V的可调方波。操作时电流从探头输出，通过导电橡胶头传导自患牙→患者表面皮肤→操作者左手→操作者身体→操作者右手→主体下金属下盖板→仪器内部，形成一个电流回路，有活力的牙髓便出现反应。电压全部集中在牙齿上，对操作者无不良影响。

牙髓活力测定器的主要技术参数：

电源：DC6V，SR-44氧化银电池4颗

输出电压：0～100V，可连续调节

输出频率：100Hz

（二）操作常规

1. 将被测牙严密隔离唾液，吹干牙面，防止刺激电流从牙龈传导而出现假阴性。特别注意邻接点处干燥，防止刺激电流通过邻接点向邻牙传导，出现假阳性。

2. 术者手持探测棒下端的金属柄部分（参考电极），并将手腕或手指作为支点接触被测者面部皮肤。将蘸有少量电胶或牙膏的探测棒尖端（探测电极）放置在被测牙咬合面中央或唇颊面切 1/3 处，此时电路自动接通。探测棒前端指示红灯发亮，面板上不断显示自动增长的数据。

3. 当被测牙感到酸、麻、痛时，立即将探测棒离开被测牙，观察此时面板上显示的数值，即为该牙的电刺激阈值，此阈值自动保存 7～10 秒，以便记录，此电路自动关闭。

4. 面板上能显示的最大刺激阈值为 80，在此阈值内被测牙有酸、麻、痛反应者，均可判断为活髓（包括部分牙髓坏死、坏疽、但根尖部分牙髓有活力的）。阈值达到 80，被测牙无反应者，均可判断为死髓。

5. 面板右侧旋钮可调节电刺激增长速度。逆时针方向旋转至终点时，增长速度最慢。顺时针方向旋转至终点时，增长速度最快。一般可调至中间位置，以中等增长速度为宜。

6. 装有心脏起搏器患者及严重心律异常患者，禁止使用本仪器！

（三）保养

1. 使用完毕应保存在干燥防潮处，防止震动、撞击。长期不用应卸下电池。

2. 仪器探头上的橡胶套采用导电橡胶制成，以保证测试结果的准确，故不能随意拆除导电橡胶。

3. 根据电流量的大小，调节范围共分 4 档，用以测定牙髓不同的活力反应。每次使用时必须从零位开始，缓慢地逐档调节。

4. 一般情况下，电池使用 1 年左右应及时更换，并要求安装正确，以免损坏仪器。同时，安装电池时，不要轻易拉下测定器的金属下盖板，用力过猛可能扭断输出端电线。

5. 由于 SR-44 氧化银电池的正、负极距离较近，所以安装电池时必须小心不要使电池的正、负极同时接触金属导体，以防止其自动接通而耗电，损坏电池。

6. 探测电极接触患者，使用后应严密消毒，但不可使探测棒尖端与柄部之间浸湿而短路，更不可浸泡于消毒液内，防止电路损坏。

7. 若稍用力时指示灯不亮，可轻轻旋转探头的角度，直至指示灯亮。仪器使用时间较长后，可能造成弹簧开关接触不良。

（四）常见故障及排除方法

测试仪器工作是否正常，可将探测棒尖端探测电极与柄部参考电极短路，观察红灯指示是否发亮，面板上显示的数字是否不断增长。

牙髓活力测定器的常见故障为无信号输出和仪器不工作。出现这些故障后，主要检查电池、电源开关及其连接线、脉冲发生器等，针对引起故障的原因，或更换电池，或维修电源开关，焊接连线；或更换脉冲发生器的损坏零件，使仪器恢复正常工作。

（华咏梅　张金麟）

四、根管长度测定仪

根管长度测定仪（apex locator）是用于测定根管长度的仪器。早期的根管长度测定仪，使用单频率的电流进行测量，由于根管内存在着血液、渗出液及药液，测量出的数据有相当大的误差，并且对每一个待测根管都必须进行标定，在根管口尺寸和测量极的配合上也存在问题，根尖孔直径越大测量值越小。因此，早期的方法受到许多限制。新型的根管长度测定仪能够摆脱这种制约。

（一）结构与工作原理

根管长度测定仪由电源显示灯、显示表、自动检查开关、蜂鸣器音量开关、管线插孔及附属零件组成。采用所谓“双频逻辑分析”的相对值方法，用 500～2000Hz 的两种电源作交互测量得到各自的阻抗值，然后经逻辑分析而确定根尖的位置。在两个测量值中都含有误差，但在分析演算中误差可作为共同项消除。这样即使根管内含有血液、渗出液及药液等导电性的溶液，也可以得到正确的结果。此方法不适用于极端干燥和出血的根管、呈扩大状态或隐裂根管，也不适用于冠部崩裂、金属冠与牙龈接触或正在进行治疗的根管。

（二）操作常规

1. 使用橡皮障防湿或吹干，干燥被测牙表面，形成绝缘状态。将根管吸干后，向内注入适量的电解溶液（生理盐水等），用干棉球吸去多余的电解溶液。

2. 将电测仪一端连接代标记的扩孔钻，另一端带上口角夹子，置于被测牙对侧口角。测定时必

须使用 ISO＃15～＃20 的扩大针，否则过细过粗均会影响测定数值。

3. 参照预先拍摄的 X 片估计根管长度。将连接好的扩孔钻缓缓插入被测牙根管，这时仪器显示屏的指针向 Apex（根尖孔）标记处偏移，并同时发出警报声，当指针达到根尖孔时，标记好扩孔钻的长度。所测得的长度即为根管长度。

（三）保养

1. 仪器应放置无振动、无冲击的场所，避免强烈冲撞及跌落，避免日光照射、高温、潮湿及灰尘，以及电解质、强电磁场的影响。

2. 电源采用自动开关，并配以节能电路，大幅度提高了电池寿命，长期保管不使用时，应将干电池取出。

3. 测量用具可以用高温、高压消毒。用沾上中性洗涤精的毛巾等擦拭仪器，切忌直接接触洗涤精和水，禁止使用有机溶液。

4. 测定时使用的把手部应采用树脂制品，不能使用金属制品。

5. 不能与电子手术刀，牙髓诊断器一起使用。

（四）常见故障及排除方法

根管长度测定仪的常见故障及排除方法见表16-2-14。

表 16-2-14　根管长度测定仪常见故障及排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
电源不通	电池未放入主机 电池已被消耗 附属品夹子损伤 管线断裂	放入电池 电池交换 新品交换 新品交换
按 CALIB 开关，让扩大针与口角夹子短路，此时电源仍然不通	主机的故障	委托修理
根尖孔不能正确测定	未进行正确测定根管前的准备	作好测定前准备工作
	打开电源时指针不指向开始位置	委托修理
按 CALIB 开关后指针未指向 CALIB 位置	主机的故障	委托修理
指针完全不摆动或不返回原来位置	计数表或者集成电板故障	委托修理
电子音与指针的移动不符	主机到集成电板故障	委托修理
电子音不响	音量开关设置过小 主机集成电板故障	音量开关调节 委托修理

（华咏梅）

五、银汞合金调合器

银汞合金调合器（silver amalgam mixer）是调合银汞合金材料的仪器，可将银合金粉与汞按比例调合成银汞合金。该调合器为密闭自动调合，使汞的扩散降到较低程度，减少操作者与汞的接触机会。银汞合金调合器目前最常用的是自动银汞合金调合器，有半自动式和全自动式两种。

（一）结构与工作原理

银汞合金调合器主要由电机、偏心装置、摆动装置及调节控制装置构成。由电机通过偏心装置带动杠杆式摆动装置进行工作，料碗与摆动臂之间采用螺纹连接，摆动臂以 2000r/min 左右的往返运动完成调合工作。半自动式银汞调合器的调节控制装置结构简单，调合时需要人工将合金粉和汞预先放入料碗内，银汞调合的比例受个人差异的影响。全自动银汞调合器有加料器，通过其扳手转轴将合金粉和银汞两种材料定量、按比例送入摆动装置内。

在摆动装置上设有保险装置，可避免操作时漏出汞及银合金粉。将料碗旋紧于摆动器上时，微动开关接通，摆动器工作；当料碗与摆动臂间的连接螺纹未旋紧，摆动装置不启动，这时由加料器上的连锁装置控制加料扳手，使其无法加料。加料器扳手处设有一锁定装置，摆动器未摆动时，不能扳动加料器加料，可防止原料堆积，堵塞通道。除上述调节控制装置外，还设有时间调节装置。为了能得到适用的银汞合金，该机器由机械式时间继电器控制定时，定时最长为 1 分钟。

（二）操作常规

1. 使用半自动银汞调合器时，要先将合金粉和汞比例适宜地放入料碗内（一般合金粉与汞的体积比为 4∶1），然后将其旋紧在摆动臂上，接通电源，启动调合开关即可调合。调合完毕，倒出调合物，挤出多余汞。

2. 全自动式银汞调合器，使用前要将合金粉和汞分别置于机内的大小容器内，通过调整合金粉调节盘，使粉与汞的比例适宜，一次投料可使用多次。使用时先将料碗旋紧，接通电源，再将时间控制钮调在需要调和的时间位置，按下启动开关，摆动装置开始摆动，待到设定时间即自动停止。转动加料器扳手顺时针方向 180°，并在旋转尽头停顿约 1 秒钟，再返回至起始位，这样就加了一份料。

每次加料不能超过3份，且必须在摆动器开始摆动后，才可扳动加料器扳手进行加料。

（三）保养

1. 无论哪种自动银汞调合器，每次开机前都要旋紧料碗，保持材料清洁和干燥。

2. 当定时器自动切断电源后，摆动装置未完全停止摆动前，不能强行制动。

3. 每次调合结束取出调合物后，必须用软性毛刷清洁料碗及通道，而不能用硬性工具，以防划痕。特别注意螺丝口处的银汞合金，以防时间过久粘固在螺丝上，造成螺纹损坏。

4. 机器应安放在通风良好的地方，置于较为坚固的桌子上。有条件的可安放在抽风防护罩内。

（四）常见故障及排除方法

银汞合金调合器的故障主要表现在汞及银合金粉的调合比例不准。由于合金粉筒与配料轴之间是一曲面环与轴外径的配合，要求此配合在转动中既活动自如，又密封可靠。如果在安装中稍有疏忽，配合略有不合，则会使设定的比例失准。为保证加料器加料时动作协调、可靠，在配料轴上装有各种起限位及互锁作用的零件。它们之间的相对位置有严格的要求，在修理拆装时，必须注意这些零件的相互关系，以免装配时出现差错而影响正常使用。

由于摆动臂较长，摆动速度较快，使用过程中易于断裂。若摆动臂断裂，应及时更换，同时注意其装配关系。

在使用中若发现机器运转声音不正常，应断电后打开机盖，检查电动机及转动部位等的螺丝是否松动。若有松动螺丝，应立即逐个拧紧后，再开机观察。

（华咏梅 张金麟）

第十节 口腔消毒灭菌设备

控制口腔医疗过程中可造成的交叉感染已成为口腔医学发展中的重要课题。对手机的回吸和器械污染的消毒是十分重要的。常用的方法有高温高压蒸气灭菌法、干热灭菌法和化学灭菌法。但最有效可靠的是高温高压蒸气灭菌法。本节主要介绍高温压力蒸气灭菌器。

现代高温压力蒸气灭菌器已具备以下特征：预真空，完全电子化，由微处理器控制，加热灭菌快速、可靠，具有4～6个消毒程序可选，数字显示消毒时间、温度和压力，设有灭菌效果监测和故障自检功能，有多重安全保护装置，包括安全排气阀及过热自动断电系统等；可外接打印机或电脑。

（一）结构与工作原理

高温压力蒸汽灭菌器由加热系统、抽真空系统、微电子控制系统及显示系统、自动安全保护系统、消毒仓及消毒盘等组成。

高温压力蒸气灭菌器的工作原理是应用有关温度、压力和容积的波-马定律，通过高温高压的蒸气作为热传递的媒介，在预真空的消毒仓内，高温高压的蒸气能够将热量快速传递到器械的各个部位，保证在最短的时间内杀死病毒和芽胞，达到消毒灭菌的目的。

（二）操作常规

1. 准备工作

(1) 清洗器械：可用消毒液浸泡，手工刷洗，但时间长，易损伤器械和造成环境污染。现多采用清洗消毒器，可对空心，如手机、三用枪等和实心器械进行清洗消毒，并有干燥功能。

(2) 向水箱中加入蒸馏水，检查水箱无水指示灯是否熄灭。

(3) 接通电源。将电源开关置于开的位置。4个程序指示灯和各步骤指示灯同时亮，表示电源已接通。

2. 将被消毒物品放入消毒仓。自带包装的器械应将其透明的一面向下放置。

3. 选定合适的消毒程序 关闭消毒仓门之前，按下相应的消毒程序按钮约1秒钟，所需程序即被选定，指示灯亮。

4. 消毒仓注水指示灯亮30秒钟，将蒸馏水注入消毒仓，注水指示灯熄灭，加热指示灯亮。关闭消毒仓门。

5. 消毒结束，结束指示灯亮，表示达到了正确的消毒效果。

6. 打开消毒仓门，移走消毒物品，保持仓门开放以冷却消毒仓。

（三）保养与维护

1. 进行维护之前，应断开电源，确保其没有蒸汽及发热。

2. 外部部件应定期用浸有普通中性清洁剂的软布清洁，不能使用腐蚀性和粗糙织物。

3. 每一个消毒周期开始前，应检查硅橡胶密封圈和门盘的清洁度并用湿布擦拭（禁用酒精）。

4. 常规维护

(1) 每天清洁硅橡胶密封圈和门盘。

(2) 每周清洁消毒仓、托盘、托盘支架和消毒器外部。

(3) 每月用硅酮油或相似润滑剂消毒仓门合页的轴钉和门闩系统。

(4) 半年更换抗菌过滤器。

（四）常见故障及其排除方法

高温压力蒸汽灭菌器常见故障及其排除方法见表 16-2-15。

表 16-2-15　高温蒸汽灭菌器常见故障及其排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
灭菌器无法启用	电源不通	接通电源
	电源熔丝熔断	更换同规格熔丝
新消毒周期不能启动	内部温度高于 80℃	数字温度计显示低于 80℃
打开电源仅数字温度器亮	控制板和电路连接错误	重新连接
注水指示灯持续亮	蒸馏水箱无水	向水箱中注入蒸馏水
	水面高度感受器故障	维修感受器
	电路板熔丝熔断	更换电路板熔丝
残余水排空指示灯持续亮	水箱溢满	排空残余水
	水面高度感受器故障	维修感受器
温度过热(>138℃)，指示灯持续亮	周期开始时注入水量不够	周期开始时注入足量水
	控制电磁阀故障	维修
压力过高(>2.4 巴)	电子压力感受器故障	维修
	加热继电器故障	维修
仓门打开指示灯持续亮	微型门扣位置错误	维修
	仓门未调好	维修
消毒器工作平台或周围地面溢水	消毒仓注水量多于程序设定值	检查厚为 2μm 的抗菌过滤器是否安装好了
	污物的积聚导致门盘和硅橡胶密封圈之间出现缺损	用湿布清洁门盘和硅橡胶密封圈，重新启动

（丁永敏）

第三章　口腔修复设备

第一节　石膏模型修整机

石膏模型修整机（model trimmer）又称石膏打磨机，是修理石膏模型的技工设备。该机具有操作方便，安全可靠，耐腐蚀等特点。

（一）结构原理

1. 结构　石膏模型修整机由电动机及传动部分、供水系统、砂轮（磨轮）及模型台四部分组成，其外壳为铝合金铸造。

2. 工作原理　砂轮直接固定在加长的电动机轴上。接通电源后，电动机转动经传动部分带动砂轮转动，供水系统同步供水。水喷到转动的砂轮上，石膏模型在模型台上与转动的砂轮接触，从而起到修整作用。喷水随时从排水孔进入下水道。

（二）操作常规

石膏模型修整机应固定在有水源及排水装置的地方，安装的高度和方向以便于操作为宜。

1. 使用前应检查砂轮有无裂痕及破损。

2. 接通水源，并打开电源开关，电动机转动，待砂轮运转平稳后，即可进行石膏模型的修整。

（三）保养维修

1. 未通水源前不能进行操作，以防石膏粉末堵塞砂轮上的小孔。

2. 操作时切勿用力过猛，以免损坏砂轮。砂轮运转过程中，切忌打磨其他物品。

3. 机器长期使用，砂轮磨损严重时，应更换同型号砂轮，或者翻面使用。

4. 每次使用后必须用水冲净砂轮表面附着的石膏残渣，以保持砂轮锋利。

5. 机器长期不用，应定期通电，避免电动机受潮，切忌将水漏进电动机内。

（四）常见故障及排除方法

石膏模型修整机的常见故障及排除方法见表16-3-1。

表 16-3-1　石膏模型修整机常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
插上电源插头电动机不工作	电源插头损坏或接触不良	更换或修理插头
	电源开关损坏	更换电源开关
	接线盒内连线断路	焊接断线
	电动机绕组或连线断路	重新绕制电动机绕组或焊接断线
接通电源电动机仅发出“嗡”声	电动机轴承锈蚀	更换轴承
接通电源电动机工作，但砂轮片不转	电动机传动部分松动打滑	紧固传动部分
	砂轮固定螺帽松动	拧紧砂轮固定螺帽

（李朝云）

第二节　箱型电阻炉

箱型电阻炉（preheating furnace）又称预热炉或茂福炉，主要用于口腔修复件铸圈的加温。箱型电阻炉需与温度控制器和镍铬-铂铑热电偶配套使用，温度控制器能在0～1000℃范围内进行调节，从而达到控制电阻炉温度的目的。

（一）结构原理

1. 结构　箱型电阻炉由炉体、炉膛和加热元件组成。炉体由铸铁、角钢、薄钢板构成。炉膛采用碳化硅制成长方体，放于炉体内部。发热元件由电阻丝制成螺旋型，盘绕在炉膛的四壁。炉膛和炉壳间由绝热保温材料填砌。国外先进的预热炉由电脑程序控制，可在液晶显示屏上显示温度及时间。同时设有与外壳完全配合的抽烟扇，使炉本身可直接靠墙，抽烟扇为全自动控制，当温度达600℃时自动停止，以减少失热及不必要耗能。炉门有压锤，向下开启时可代替工作台，关闭严密。

温度控制器由温度指示、定温调节、热电偶和电源四部分组成。

2. 工作原理　接通电源，发热元件开始升温，其温度由控制器内的动圈式温度指示调节仪控制。温度指示调节仪是一个磁电式的表头，可动线圈由游丝支撑，处于磁钢形成的永久磁场中。感温元件

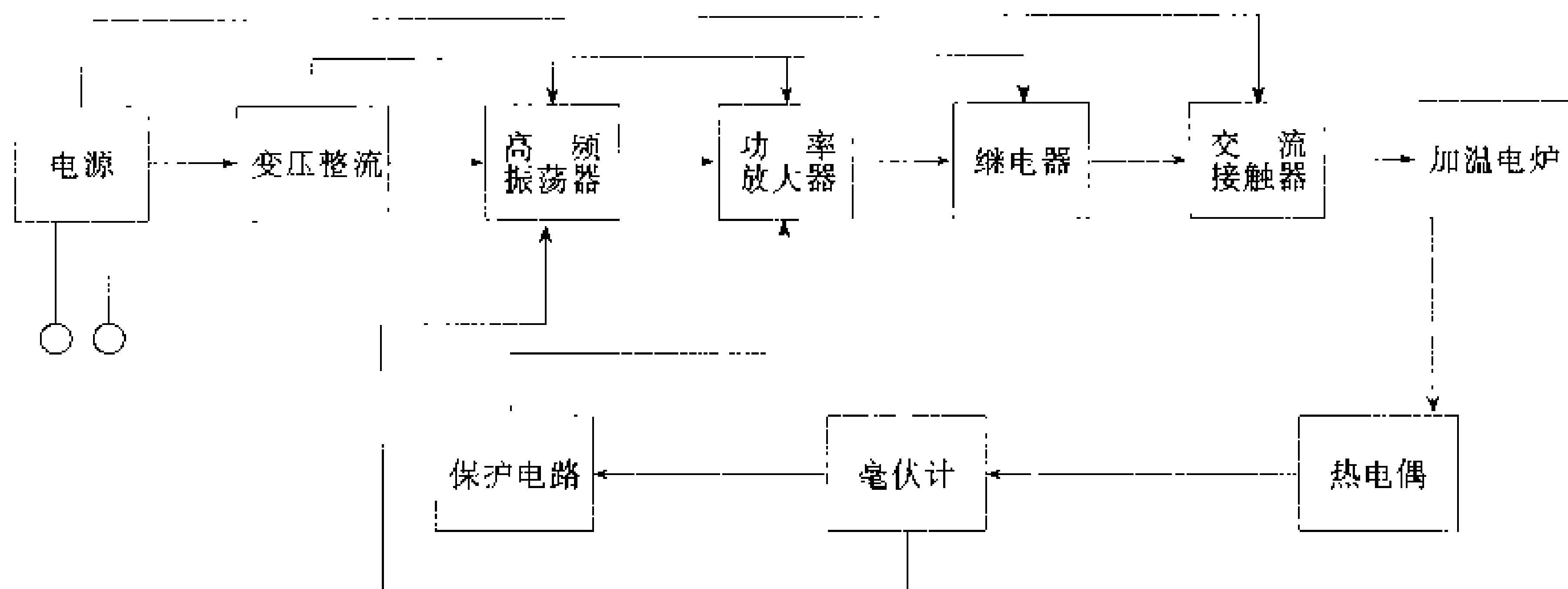


图 16-3-1 箱型电阻炉工作原理示意图

将热能转变成电信号，使可动线圈流过电流，此电流产生磁场与永久磁场作用，产生力矩，驱动指针偏转，至一定角度被游丝扭转产生的力矩平衡，指针指示感温元件所对应的温度值。到达设定温度后，加热元件的电源自动断开。工作原理见图 16-3-1。

箱型电阻炉的主要技术参数：

额定功率分为 2kW、3kW、4kW 和 12kW

电源电压有 220V、380V 两种，频率 50Hz

最高温度 1000℃

常用温度 950℃

升温时间 60～150 分钟

（二）操作常规

1. 将热电偶从炉顶或后侧小孔插入炉膛中央，其间隙用石棉绳填塞。用补偿导线或绝缘铜芯线连接热电偶至毫伏计上，注意防止正极和负极接反。

2. 打开温度控制器外壳，将前端两侧螺钉旋转 90°后，罩壳往上拉并向后开启，按标注连接电源线、电炉线、热电偶线及外接电阻（R 外）。外接电阻的总阻值为 15Ω，应包括热电偶电阻、补偿导线电阻或连接导线电阻，如导线较短，可不考虑其电阻值。

在电源线引入处，需另安装电源开关，以便控制总电源。由于毫伏计上电源导线与电炉导线的中线系共用，故相线与中心线不可接反，否则毫伏计不能正常工作。为了保证安全操作，电炉与毫伏计外壳均需可靠接地。

3. 将毫伏计防震短路线拆去，即将毫伏计后端接线柱上“短”与“短”接线螺丝钉间的短路线拆去。

在使用补偿导线及冷端补偿器时，应将机械零点调整至冷端补偿器的基准温度点。不使用补偿导线时，则机械零点调到刻度零位。但所指示的温度为被测点和热电偶冷端的温度差。

4. 经检查接线无误后，将毫伏计的设定指针调至所需工作温度，然后接通电源，按下电源开关，此时绿灯亮，继电器开始工作，电炉通电，电流表上显示读数，毫伏计指针逐渐上升，此现象表示电炉和毫伏计均正常工作。电炉的升温与定温分别以红绿灯指示，绿灯表示升温，红灯表示定温。红灯亮后，即可从箱型电阻炉的炉膛内取出被加热部件。

（三）保养维修

1. 电阻炉应平放在地面或搁架上，毫伏计避免震动，其放置位置与电阻炉不宜太近，以免过热，致电子元件不能正常工作。

2. 电阻炉长期停用后再次使用，必须进行烘炉。从 200 ℃至 600℃，烘 4 小时，使用时炉温不得超过最高温度，以免烧坏电热元件。禁止向炉膛内灌注各种液体及熔解金属。

3. 电阻炉和毫伏计应在无导电尘埃、爆炸性气体和腐蚀性气体的场所工作，相对湿度不得超过 85%。

4. 毫伏计的工作环境温度限于 0～50℃，在搬运时，需将短路线接好，以防震动而损坏仪表。

5. 定期检查电阻炉和毫伏计各接头连接是否良好，毫伏计有无卡针，并经常用电位差计校对。

6. 保持电阻炉和毫伏计清洁、干燥。

（四）常见故障及排除方法

箱型电阻炉的常见故障及排除方法见表 16-3-2。

表 16-3-2 箱型电阻炉常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
电源加不上，炉丝不热	毫伏计电源输入端保险熔断	更换同规格保险丝
	毫伏计面板电源开关损坏	更换电源开关
	毫伏计电流表损坏	更换电流表
	炉丝断路	更换炉丝
	交流接触器线圈断路	更换或修理交流接触器
	交流接触器触点接触不良	用砂纸打磨触点
接通电源毫伏计不工作	毫伏计内变压器或继电器损坏	修理或更换变压器或继电器
	热电偶损坏无测量信号输入到测量线路板	更换热电偶
	电子元件损坏	更换相应元件
	表头损坏	更换表头
	检测线圈断路	更换或重新绕制

（李朝云）

第三节 牙科铸造装置

一、高频离心铸造机

高频离心铸造机（high freguemcy casting machine）是口腔修复科常用技工设备，用于各类牙用高熔合金，如钴铬、镍铬合金的熔化和铸造，以获得各类托牙支架、嵌体、冠桥等铸件。高频离心铸造机按其冷却方式可分为风冷式和水冷式两类。随着科学技术的进步，高频离心铸造机的机型亦在不断地改进，但其主机构造和工作原理基本相同。

（一）风冷式高频离心铸造机

1. 结构与工作原理

（1）结构：风冷式高频离心铸造机主要由高频振荡装置、铸造室及滑台、箱体系统三大部分组成。全机呈柜式，带有脚轮，给操作、移动及检修带来方便。

1）高频振荡装置：主要包括高压整流电源及电感回授三点式振荡器。后者由金属陶瓷振荡管和电子元件组成。

2）铸造室及滑台：包括开关、配重螺母、多用托模架、挡板、调整杆、风管、调整杆紧固螺钉、电极滑块、压紧螺母和定位电极。

3）箱体系统：整机面板构造包括电源总开关、熔解按钮、铸造按钮、工作停止按钮、电源指示灯、板极电流表、栅极电流表、合金选择旋钮、铸造室机盖、观察窗及通风孔。机器后侧有接地线及电源线。

（2）工作原理：风冷式高频离心铸造机的基本工作原理为高频电流感应加热原理。“高频电流”是频率较高的交变电流，其频率为 1.2～2.0MHz。高频电流所产生的电磁场称高频电磁场。如果将金属材料置于高频电磁场的范围内，在高频电磁场作用下，根据电磁感应原理，坩埚内的合金受高频电磁场磁力线的切割，产生感应电动势，从而出现一定强度的涡流（电流），使合金发生集肤效应，即高频涡流在合金表面产生短路，将电能转换成热能，使金属材料发热，直至熔解实现铸造。由此可见，金属材料加热是在其内部进行的。

风冷式高频离心铸造机工作原理如图 16-3-2。

风冷式高频离心铸造机主要技术参数：

电源：AC220V/50Hz

电功率：6.5kW

高频振荡频率：1.6MHz±0.2MHz

高频振荡功率：2.5kW

最大熔金量：50g

旋转速度：500r/min

铸造臂半径：210mm

铸造电动机功率：0.37kW

高频电流感应加热熔化金属，具有以下优点：

1）熔解合金的过程不发生电弧，无噪声，可实现无烟、无尘和无噪声的工作环境。

2）由于无电极参加熔解，不会造成合金材料渗碳和元素烧据，不改变合金的物理和化学性能。

3）熔解速度快，氧化残渣少，被熔合金流动性好，铸造成功率高。

风冷式高频离心铸造机整机特点：

1）采用风机强制电子管和感应圈冷却。

2）全部熔铸操作自动化，并设有安全保护装置，使用可靠。

3）设有多用铸模可调托架，适用于各类大小铸圈，铸造准确性高。

2. 操作及注意事项

（1）操作前的准备：

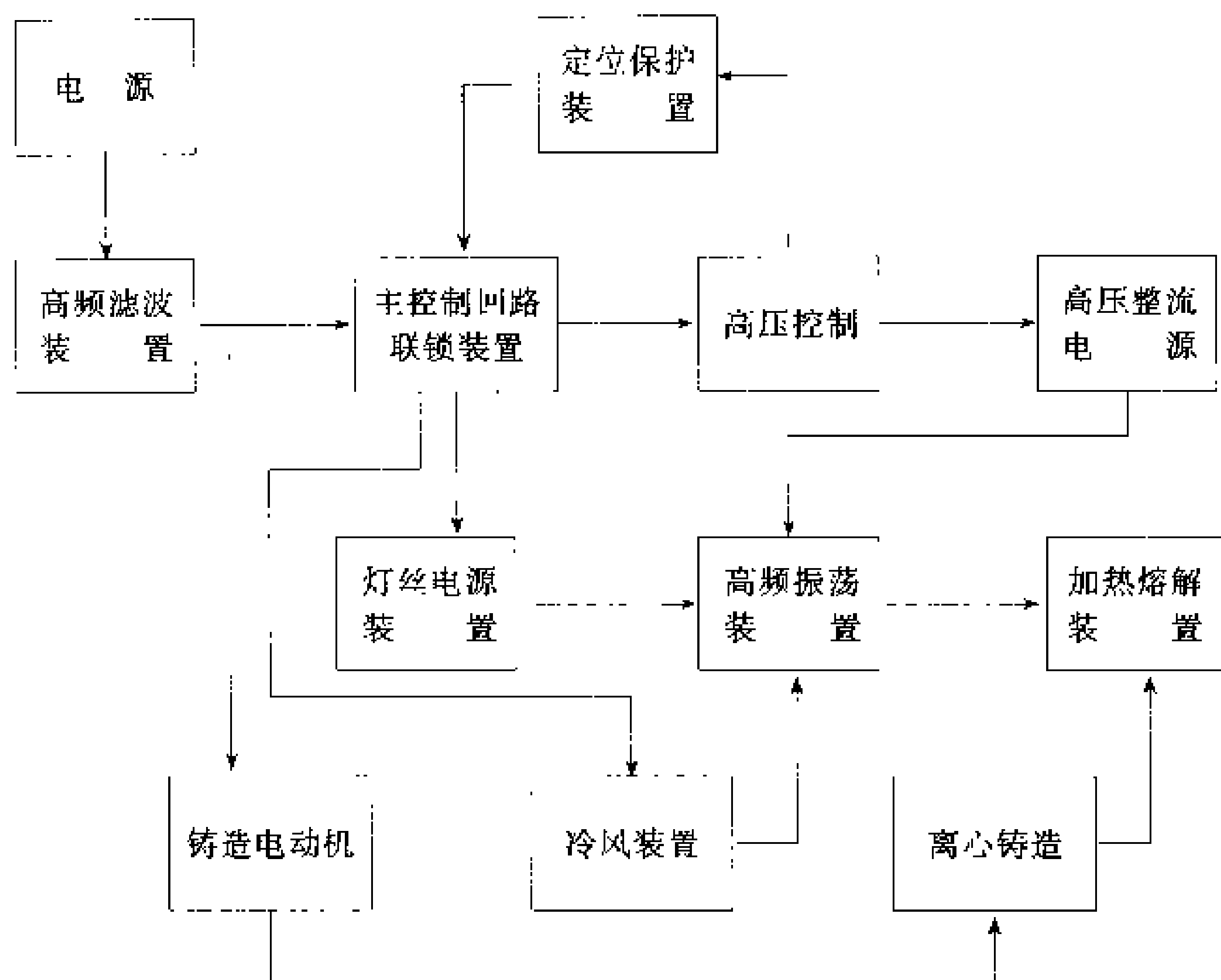


图 16-3-2　风冷式高频离心铸造机工作原理示意图

1）设备使用前应检查接地线是否接地良好，其接地电阻不得大于 4Ω。同时要有专用的保护接地线，使电源线的接地端和设备接地端良好接地，不得仅一端接地。

2）电源电压应为单相 220V，频率 50Hz，波动范围 ±10%。6.5kW。

3）设备安放位置与墙壁应有一定距离，以保持良好通风。

4）脚轮应安放平稳，以防虚振。

5）根据合金种类，选择并调整熔金选择旋钮。通常，钴铬合金选择 2～3 档，镍铬合金选择 2～4 档，铜基合金、金合金及银合金选择 5～6 档。

（2）操作过程：

1）接通电源总开关，指示灯亮，风机冷却系统工作。开机后预热 5～10 分钟再进行熔铸。

2）将加温预热的铸模，放在 V 形托架上，调整铸造的中心位置及臂的平衡，并锁紧。

3）将滑台对准电位电极刻线，以便接通控制高压电路，否则不能熔解合金。

4）关好机盖，按动熔解按钮，熔解指示灯亮，栅极和板极电流表指针分别显示读数，其比值为 1∶4～1∶5。

5）通过观察窗观察熔解过程，至金属沸点出现，即绝大多数合金熔融，铸金崩塌呈镜面，镜面破裂即为铸造时机。此时立即按动铸造按钮，铸造指示灯亮，滑台转动开始铸造。根据不同熔金要求控制铸造时间，一般为 3～10 秒钟。

6）按动停止按钮，铸造即停止，全部熔铸完成。待离心滑台停止转动后，打开机盖取出铸模，随即将滑台对准定位线，使工作线圈充分冷却，以待用。若不再使用铸造机，冷却 5～10 分钟后关闭电源。

（3）使用注意事项：

1）使用设备的环境温度为 5～35℃，相对湿度小于 75%。

2）若需连续熔解，每次应间歇 3～5 分钟，并使滑台对准定位线，以保证感应圈充分冷却。连续熔解 5 次后，应风冷间歇 10 分钟。

3）熔解过程中不要拨动熔金选择旋钮，以防发生放电现象。并注意观察熔金的沸点出现，不得超温熔解，以防烧穿坩埚。

4）铸造停止，但滑台因惯性仍继续转动时，禁止拨动熔金按钮，以防电击损坏设备。

3. 保养

（1）保持设备清洁和干燥，每次铸造后必须清扫铸造仓，去除残渣。铸造仓内不准存放工具和杂物。

（2）旋转的电极套及嵌入的电极均应保持清

洁，不应有杂物，防止高频短路。必要时可更换石墨电刷。

（3）经常检查指示仪表是否有卡针和零位不准现象，按钮、开关及指示针等部件有无松动或失灵。

（4）每隔3个月检查一次机内电路的绝缘电阻、电源和接地线、高压电极及高频回路等部件。绝缘电阻不得小于20MΩ/500V。

（5）每隔6个月给振荡盒风机加注润滑油一次，并检查交流接触器及继电器等控制部件的工作是否正常。

4．常见故障及其排除方法　风冷式高频离心铸造机常见故障及排除方法见表16-3-3。

表16-3-3　风冷式高频离心铸造机常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
直流高压馈不上或无高压	整机保险丝熔断	更换同规格保险丝
	高压隔直流电容器被击穿	更换高压隔直流电容器
	硅整流堆短路或断路	更换同型号硅整流堆
	交流接触器触点接触不良	用细砂纸打磨触点
	定位开关石墨电刷接触不良	用细砂纸打磨接触部位
	振荡电路断路	焊接断路部位
熔金时间过长或不能熔化金属	栅漏电阻、栅偏电容器及栅极线圈的电气连接不良或松动，致高频间歇振荡	拧紧栅漏电阻及栅偏电容器和栅极线圈的电气连接部位，或用砂纸打磨连接处
	振荡失调，栅极与板极电流比值不正确	调整耦合度使栅极与板极电流比值为1:4～1:5
	振荡管烧坏或老化	检查振荡管各电极的电气性能，若老化或烧坏即更换振荡管
电流表摆动或卡针	栅极与板极电流表的旁路保护电容器击穿或断路	更换栅极与板极电流表的旁路保护电容器
	振荡失调，振荡槽路电气连接松动，栅极与板极电流表损坏	调整耦合度，拧紧振荡槽路电气处，并更换电流表
机箱过热	连续铸造频繁，风冷间歇不足，风冷系统故障，振荡回路轴流风机故障	避免频繁铸造使机器有冷却时间，并检查轴流风机，修理或更换
	栅极与板极电流比例失调，板极电流超过额定值	调整耦合度，限制板极电流，使栅极与板极电流比例正常
机箱漏电	接地装置故障或电气接线与机壳相交连	检查机壳及接地装置
熔化金属后不停机	高压控制电路失控	立即关闭总电源开关，更换交流接触器和停熔按钮
整机不馈电，即接通总电源开关机器不工作	保险丝溶断，双极开关热丝"脱扣"，双极开关触点接触不良，有时机内出现异常电击声	更换保险丝和双极开关，或用砂纸打磨双极开关触点，并清除机内潮气
铸造时全机抖振	脚轮松动或移位	将脚轮安放牢固平稳
	配重平衡不好或压紧螺母松动	保持平衡配重，拧紧压紧螺母
离心转速减慢	离心电动机故障	修理或更换离心电动机
	皮带拉长或打滑	更换皮带
坩埚溅熔液	坩埚摆位和铸圈对中调整不良，V形托架松动感应加热器在离心滑架上移动不灵活	调整坩埚摆位和铸圈对中，拧紧V形托架调整感应加热器

（二）水冷式高频离心铸造机

水冷式高频离心铸造机是使用水，同时冷却振荡电子管和感应圈，且降温速度较慢，更能保证铸件的质量。

结构与工作原理

（1）结构：水冷式高频离心铸造机由主机和循环水箱组成。主机包括高频电流感应加热部分和离心铸造部分。前者又由主控电路、可控硅触发电路、高压整流电路、过负荷保护电路和高频振荡电路等组成。后者则由旋转电动机，铸模托架及铸造臂组成。

（2）工作原理：水冷式高频离心铸造机的基本工作原理仍然为高频电流感应加热原理。但对水冷式高频离心铸造机，关键是要掌握弄清水路和控制电路的关系。当接通电源，水泵开始工作，形成循环水，水泵上的水压可以调节，其压力为0.2MPa，此压力也是打开水压开关的压力。水压开关和高压开关呈串联状，如水压不足，高压控制电路不能接通、无法熔金，铸造机不能使用，同时也保护振荡管和感应圈。

有的铸造机不设循环水系统，而用自来水冷却，使用后的水直接流入下水道。此种铸造机的水压要求大于0.15MPa，否则不能打开水压开关，高压控制电路仍处于关闭状态。

水冷式高频离心铸造机水路和控制电路的关系由图16-3-3所示。

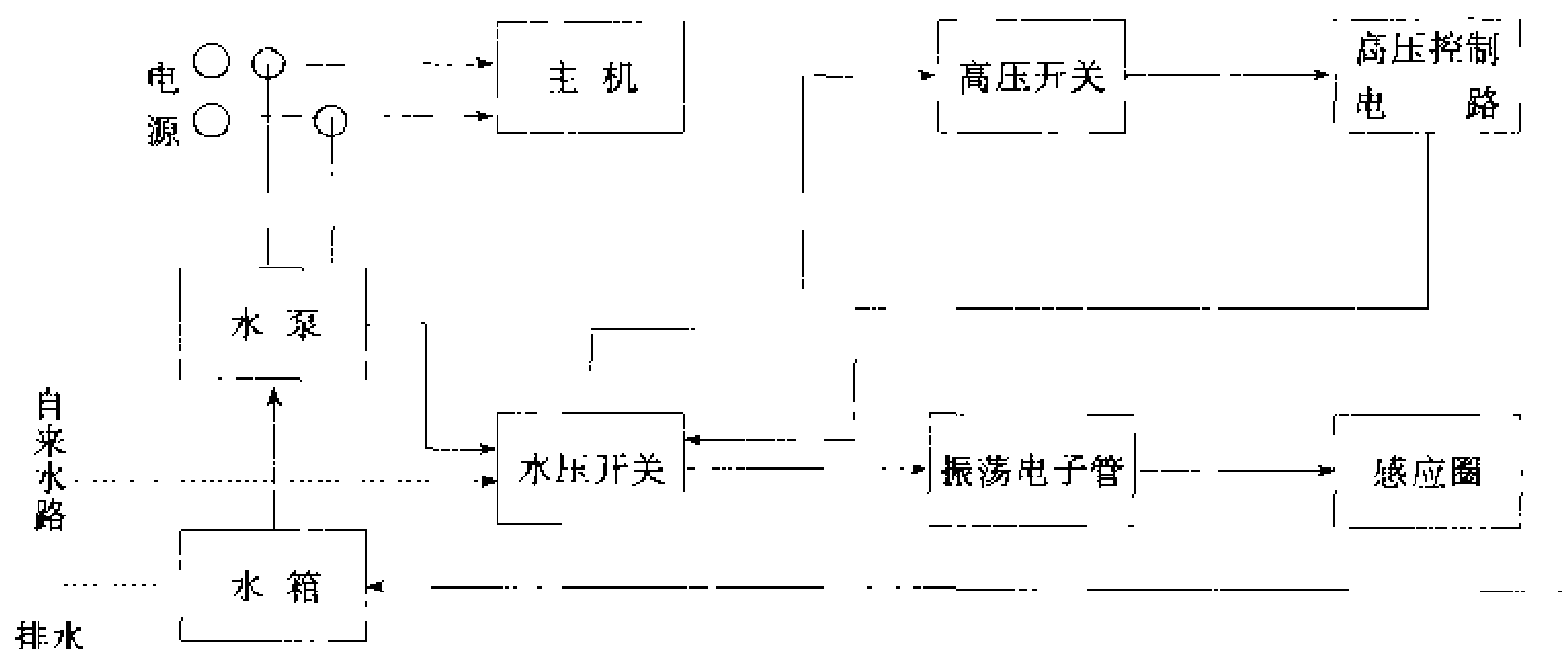


图 16-3-3 水冷式高频离心铸造机水路和控制电路示意图

水冷式高频离心铸造机主要技术参数：

循环水箱使用电源：AC380V，冷却水质量要求高，电阻率不得小于4000Ω/cm

主机使用电源：单相 220V/50Hz

电源容量：6.5kW

工作电流：24A

高频振荡频率：1.8MHz±0.2MHz

高频振荡功率：2.5kW

最大熔金量：合金 50g

冷却水压力：0.15MPa 以上

铸造臂半径：250mm

离心铸造电动机功率：0.37kW

（三）操作及其注意事项

1. 操作

（1）接通水源，循环水箱工作。

（2）接通主机电源，电源指示灯亮。接着水压指示灯和熔解指示灯均亮，同时发出风机声。

（3）旋转电源电压旋钮。电压按 50V、100V、150V、200V 和 220V 逐渐调节，两档间停顿 30 秒钟。

（4）拉杆固定坩埚，放置铸圈。

（5）按下熔解按钮，接通高压控制电路。

（6）旋转输出功率旋钮，观察栅极电流表与板极电流表，使栅极电流与板极电流之比为 1∶4～1∶5，板极电流最大值不得超过 0.8A，栅极电流最大值不得超过 300mA。

（7）金属达到沸点即可铸造。回转输出功率旋钮至“0”；将坩埚拉杆放于原处；按下铸造按钮，铸造即完成。如需连续铸造，应将电源电压旋钮回升到 100V 后，再重复上述操作方法。

（8）铸造结束后关闭机器。将电源电压旋钮调至“0”位，5 分钟后关闭电源，再过 5 分钟关闭水源，最后扫清残渣。

2. 使用注意事项

（1）保持环境温度在 5～35℃ 范围内，相对湿度小于 75%，温度过高应采取通风降温措施。

（2）如冷却水压力发生变化，保护电源自动切断，水压恢复后应重新调整电源电压及功率输出旋钮，使板、栅电流比例正常。严格校正平衡配重，避免在熔铸过程中发生抖动，影响振荡电子管寿命。

（3）禁止机器空载时开启熔解开关。严禁在熔解过程中，触动冷却水阀门或使用冷却水，以防电击。在金属沸点出现时，应立即停止熔解。不能超温熔解，以防烧穿坩埚发生事故。

（4）在熔解过程中，如发现板极电流过大，或栅板电流的比值不在规定范围内，或板极与栅极电流表指针抖动等，应即时按动熔解停止按钮，切断电流，查明原因，排除故障后再继续工作。

（5）机器长期停用，应断开进水管，排除机内积水，以防产生水垢，影响冷却效果。通常冷却水的进水温度较环境温度高 7℃，出水温度小于 55℃。

（6）开启电源，待冷却风机工作正常后，才能调动电源电压调整旋钮。

（7）保持铸模浇铸口的形状和位置正确，坩埚滑台的限位档块位置适当，坩埚浇冒口的位置应有适当的提前角度，以保证金属熔液全部倒入铸圈内，防止熔液飞溅和铸造失败。

3. 保养维修

（1）每隔3个月左右打开水压开关，清洗过滤网1次；每隔1个月左右更换1次水箱内的蒸馏水。

（2）每年清洗水泵里的水垢1次，并涂油。

（3）经常查看水管有无漏水，如有漏水，应及时进行处理。

（4）经常注意指示仪表有无卡针和零位不准，检查电器按钮有无失灵和松动。

（5）保持室内空气流通和清净，不得混有金属粉尘和腐蚀性气体。

（6）每隔3个月检查1次机内各电气连接处及机械传动件有无松动或接触是否良好。

（7）每隔半年给振荡盒风机加注润滑油1次，清除灯丝调压变压器电气接触表面积存的碳粉或杂物。

4. 常见故障及其排除方法见表16-3-4。

表 16-3-4 水冷式高频离心铸造机常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
直流高压馈不上	高压整流硅堆失效	更换整流硅堆
	高压电容器击穿	更换高压电容器
低压电源调整时无指示，不能熔金属	调压器接触片接触不良	用细砂纸打磨接触片去除污垢
	熔解控制电路未接通	查找控制电路断路部位并排除
	振荡电子管板极与栅板电气连接不良	用砂纸打磨连接部位
调节输出功率旋钮时，板极和栅极电流表均无指示	振荡电子管损坏无电流产生	更换振荡电子管
	功率电位器接触不良	清洗或更换功率电位器
电压表突然回零位，整机断电	过负荷及电路有短路现象	排除过负荷原因查找短路部位
能熔金属，但按下铸造按钮铸造机不工作	铸造控制电路继电器触点接触不良或接触片脱落	更换继电器或修理脱落的接触片
水泵排水正常，但水压指示灯不亮	水过滤网被水垢或异物堵塞	清洗水过滤网
	指示灯连接线断路	焊接指示灯连接线
	机内的水连接软管打折	疏通软管

（李朝云）

二、真空加压铸造机

真空加压铸造机（vacuum casting machine）是一种新型的铸造机，它由微电脑控制，可自动或手动完成各种牙科合金的熔化和差压式铸造，因其在真空加压及氩气保护下完成合金的熔化铸造，避免了合金成分的氧化和偏析，使铸件的理化性能稳定。同时其自动化程度高，体积小，容易操作。

（一）结构与工作原理

1. 结构 真空加压铸造机主要由真空装置、氩气装置、铸造装置和箱体系统等四部分组成。一般呈柜式，可移动。

（1）真空装置：主要有真空泵、连接管、控制线路等组成，真空度一般应达到5×10^{-4}mmHg。

（2）氩气装置：主要有氩气瓶、流量和气压表、连接管、控制线路等组成。一般氩气压力为0.3MPa。

（3）铸造装置：包括开关、托模架、档板、调整杆、氩气喷嘴、密封圈等组成。

（4）箱体系统：包括电源开关、编程键、熔解按钮、铸造按钮、工作停止按钮、合金选择钮、铸造观察窗、水箱、通风口以及铸造温度、时间显示、地线、电源线。

2. 工作原理 真空加压铸造机的工作原理通常为直流电弧加热。在真空条件下，通入氩气惰性气体保护下，将合金材料直接用直流电弧加热，熔融，铸造（图16-3-4）。具有熔解速度快，合金成分无氧化、无气泡等优点，提高铸件的理化性能。

（二）操作及注意事项

1. 操作前的准备

（1）设备安放位置应与周围物体有一定距离，以利设备通风。

（2）应检查氩气管供端与铸造机后部氩气联接器的联接是否良好以及氩气流量和压力表是否正确指示。

（3）脚轮应锁住，以防设备滑动。

（4）根据合金种类，选择自动操作或手动操作。通常，设备已有种类或已设定好的合金的铸造可用自动操作，而未用过的合金则用手动操作。

2. 操作过程

（1）自动操作：

1）接通电源开关键，指示灯亮，选择自动键，风机冷却系统工作。开机后预热5～10分钟再进行铸造。

2）调整铸圈处于平衡位置。

3）选择所用合金对应的铸造程序。

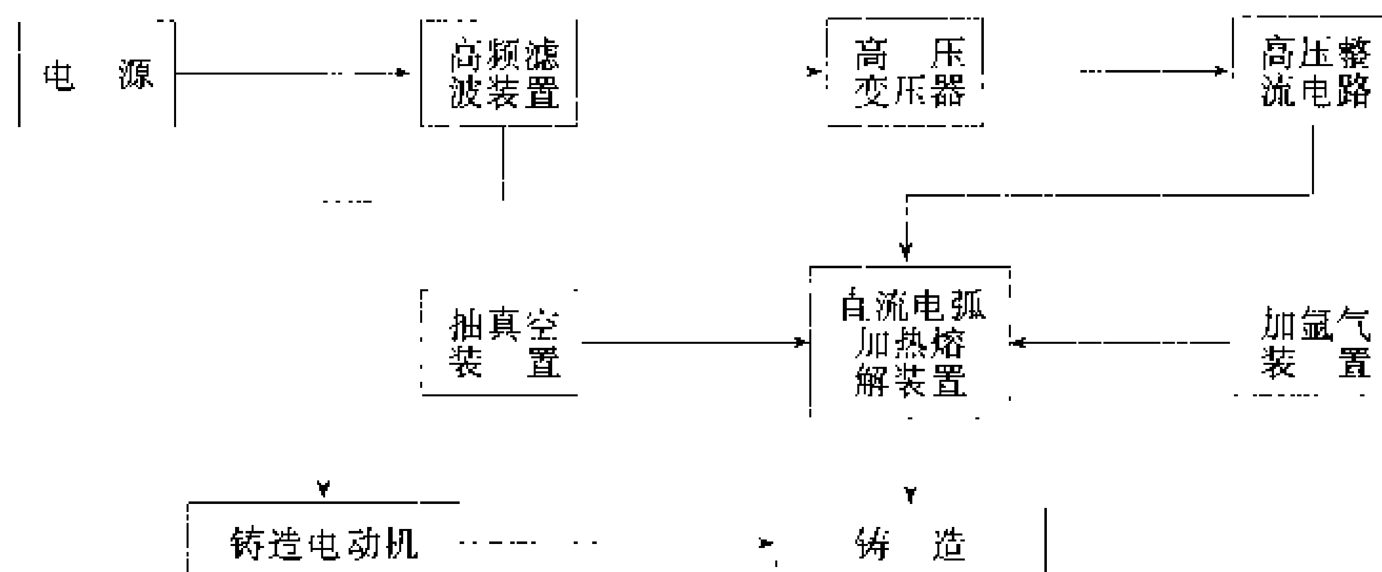


图 16-3-4　真空加压铸造机工作原理示意图

4）将坩锅放入坩锅槽中。

5）把合金块放入坩锅底部，并顺时针旋转氩气孔使其位于坩锅之上。

6）解开锁片，使铸圈固定在支槽片和锁片之间。

7）关闭铸造室。

8）按压开始键。当真空完成后，通氩气。数字显示器将显示合金的实际温度。

9）当铸造完成后，打开铸造装置，铸圈可从铸臂上取下。

（2）手动操作：

1）按压电源开关，指示灯亮，选择手工操作键。

2）调整铸圈处于一种平衡位置，并固定好铸圈。

3）选择坩埚并放在铸臂的坩埚槽中。

4）调整熔圈升降开关，充分抬高熔圈。

5）顺时针旋转氩气孔，直至该孔和坩埚对准。并固定铸圈槽于锁片和支撑片之间。

6）关闭铸造室。

7）按熔化键开始抽真空，完成后通氩气熔化合金，一旦数字显示的温度或操作者观测到的温度达到了要求的合金铸造温度，此时按 Hold 键，以便保持铸造温度。

8）按 CAST 键，铸造开始。

9）若铸造完成按停止键，把铸圈从铸臂上拿下。

3. 注意事项

1）坩埚内无合金，禁止开机工作。

2）当氩气孔未对准坩埚或氩气表无指示时不要工作。

3）若连续铸造时每次应间隔 2～3 分钟。

4）更换氩气瓶时应注意氩气标志，切勿用错。

（三）保养与维护

1. 每天需检查铸造室，若有残渣，需完全清除。

2. 每周需检查熔圈的冷却片、熔圈的带状线缆及它们的终端，看是否有溅出的合金，若有应及时清除。

3. 每周需用性能温和的肥皂或溶液清洁可监视镜头。

4. 每次使用应检查真空度和氩气压力，以防铸造失败。

（四）常见故障及其排除方法

真空加压铸造机的常见故障及其排除方法见表 16-3-5。

表 16-3-5　真空加压铸造机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
不工作	电源不通 程序设定错误 铸造室门未关	检查供电电源 重新设定 关门
真空不良	真空泵故障 密封垫损伤或未扣紧 连接管漏气	检修真空泵 更换或压紧 更换
氩气压力不足	密封垫损伤或未压紧 输入空压不足 减压阀故障	更换或压紧 检查气源压力 检修
氩气压力过高	高压调压阀故障	检修
熔金时间过长	电路板损坏	更换，重新设定
坩埚溅熔金	坩埚位置铸圈和铸口对位不良或松动	重对位或固定

（于海洋）

三、牙科铸钛机

牙科铸钛机（titanium casting machine）主要

用来铸造钛、钛合金的托牙支架、壳冠等精密铸件。由微电脑控制，自动化程度高。采用真空氩气保护下熔融合金，并利用离心、真空吸引和氩气冲压作用获得优良的铸件。

(一) 结构与工作原理

1. 结构　牙科铸钛机主要由供电系统、铸造室、真空系统、氩气系统和控制系统等组成。

(1) 供电系统包括直流逆变电源、电极装置、电缆等，可产生熔炼所需的电流。

(2) 铸造室包括旋转体和动力部分。旋转体由铸模、坩埚、配重和电极等组成。动力部分由电动机、离合器、皮带轮、定位装置等组成，铸造时以最短的时间达到一定转速，保证熔融的合金进入铸腔。

(3) 真空系统包括真空泵、管路和仪表。

(4) 氩气系统包括气瓶、减压阀、安全阀、截止阀、压力表和管路。在熔炼时通入氩气，保护铸料、电极和坩埚；铸造时增加氩气压力。

(5) 控制系统包括开关、显示器、控制电脑等。

2. 工作原理　牙科铸钛机的基本工作原理为直流电弧加热，即在高频高压电弧熔炼装置中对合金实施加热，同时在真空和氩气保护下，完成合金的熔融、差压或离心铸造（图 16-3-5）。

(二) 操作常规

1. 操作

(1) 把旋转体定在水平位置，然后接通电源，电源信号灯亮。

(2) 放入铸料于熔解室。

(3) 将相应型号的铸模放到铸造室。

(4) 放置密封垫，并使浇口对准铸模。

(5) 关闭铸造室。

(6) 调整配重，根据铸模和衬圈的重量用配重加以平衡。

(7) 关闭防护罩。

(8) 设定相应的熔炼时间和电流。

(9) 启动“起动”按钮，抽真空、充氩气和熔铸自动进行。

2. 注意事项

(1) 设备安装应符合安装要求。

(2) 氩气压力应位于 0.3～0.5MPa 间，否则将损坏设备。

(3) 配重位置不恰当，旋转时会剧烈震动，严重时损伤设备。

(4) 连续铸造时每次间隔应在 15 分钟以上。

(5) 铸造结束，应在真空表和压力表复位后才能开启铸造室，取出铸件。

(6) 禁止未装铸模和密封垫的情况下通入氩气，防止氩气进入真空系统损坏真空仪表。

(三) 保养与维护

1. 铸造前应检查好真空度、氩气压力，以防氩气不足或真空度差导致铸造失败。

2. 铸造室每次必须清洁干净。设备应保持清洁，铸造室内不可放置工具、抹布等杂物。

3. 真空泵保持正常油位，以免影响真空度。

4. 定期检查三角皮带是否磨损松弛，必要时加紧或更换。

5. 熔化电源回路为大电流回路，各连接处必须紧固，不得松动，以防连接处发热产生事故。

6. 在定期检查时，必须切断总电源，检查焊机绝缘电阻：焊机输入输出端对机壳的绝缘应为 500 伏高阻，绝缘电阻不低于 5 兆欧。

(四) 常见故障及其排除方法

牙科铸钛机常见故障及其排除方法见表 16-3-6。

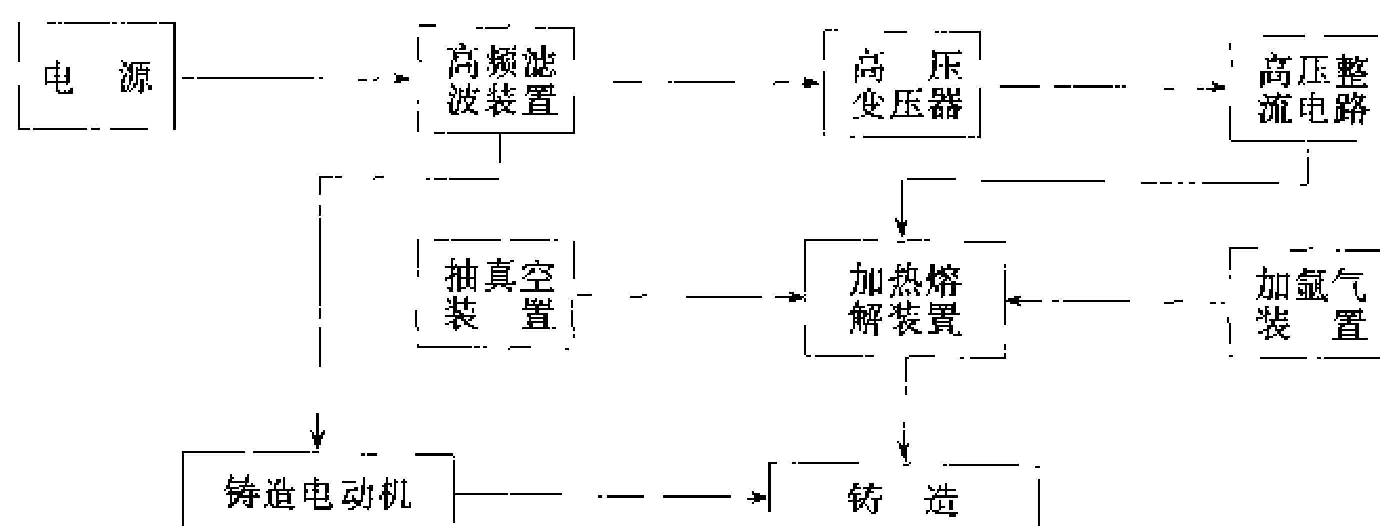


图 16-3-5　牙科铸钛机工作原理示意图

表 16-3-6　牙科铸钛机常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
熔化慢	电极间隙太小,电极尖不锐	调整间隙大小磨锐
	电流不当	调节合理电流
	电刷接触不良	更换电刷
真空差	真空泵故障	维修或更换真空泵
	密封垫损伤或未压紧	更换或压紧
	连接管漏气	更换
氩气压力低	密封垫损伤或未压紧	更换或压紧
	输入压不足	检查气瓶压力
	减压阀故障	检修
氩气压力过高	高压调压阀故障	检修

（于海洋）

第四节　牙科打磨装置

牙科打磨装置是口腔修复设备的重要组成部分，主要用于义齿修复加工过程中的打磨、抛光和清洗。在义齿修复加工的过程中起到清除残留物，提高表面光洁度，使义齿符合口腔的解剖生理条件以及外观要求。

一、技工用微型电机

技工用微型电机（laboratory handpiece）又称微型技工打磨机。是供技工制作义齿时打磨、切削、研磨用。该机具有体积小、转速高、切削力强、噪音低、转动平稳可靠、携带方便等特点。近几年来，微型电机的研制和开发过程中，运用了许多高新技术，使其有较大发展，如大转矩无刷微型电机、免加油维护高精度微型电机，以及无铁芯式微型电机等。打磨手机的设计也有了很大改进，外形更适于握持，内部结构更紧凑合理，更便于维修等等。技工用微型电机的发展，提高了工作效率和义齿加工质量。

目前，临床使用的技工微型电机种类很多，大致可分为 2 类：一类为微型电机与打磨手机分开式，这种机型可以选择直、弯机头与微型电机连接，即可供打磨又可用于口腔治疗。另一类为微型电机与打磨手机一体化，专供技工用。

（一）结构与原理

技工用微型电机由电源控制器和微型电机打磨机头两部分组成。

1. 微型打磨机及打磨手机　微型电机分有铁芯、无铁芯、无炭刷三种。有铁芯的微型电机由定子和转子构成，定子是由两块高磁通的永磁体构成，固定在外套内，转子是由冲压成型的硒钢片叠加而成，在转子上嵌有线圈和整流环。电流通过炭刷和整流环，送到线圈上，在磁场的作用下转动。此种称为有铁芯微型电机。有铁芯微型电机的特点是效率低、易发热、转子惯性大、不易制动、在进行精细雕刻、打磨时不方便。

无铁芯微型电机的工作原理与有铁芯的相同，但内部结构略有不同。其特点是电机效率高、不易发热、重量轻、转子惯性小、易于实现电子制动，更适宜进行精细雕刻和打磨。

无炭刷微型电机的结构与无铁芯有炭刷的大致相同，只是取消了炭刷，改由霍尔电路来承担炭刷的作用。其特点是没有因炭刷引起的火花、电磁干扰，电机效率高、不易发热、重量轻、转子惯性小、转矩大等等。

打磨手机的结构是在一根空心主轴内装有弹簧夹头（亦称三瓣簧），主轴前后装有轴承，前轴承的前部装有防尘环，前轴承的后部装有强力弹簧，靠它拉紧、松开弹簧夹头，主轴后部装有联轴叉，与微型电机主轴相连接。在手机外壳上，另有一套机构控制弹簧夹头的拉紧、松开。

控制弹簧夹头拉紧、松开的机构，常见的有扳把式和卡环式。扳把式的特点是可用一只手扳动、控制弹簧夹头，但机构部件多易出故障，维修费用高。卡环式的特点是需用双手控制弹簧头的拉紧、松开，但机构简单，可靠性高，几乎不会因此出故障，维修简单，费用低。目前绝大多数机型采用此种机构。

电源控制器的内部电路由变压器和控制电路构成。变压器将 220 V 交流电转变成低压交流电，整流电路将交流电转变成直流电，经各功能开关和电子电路输出，供微型打磨机使用。内部电路一般分为电源变压器、功能开关板、控制电路板几大部分。遇有故障，更换整块电路板或大部件即可方便地修复。

2. 电源控制器　用于控制和选择微型电机的启动、停止、旋转速度和旋转方向。控制器由电源控制电路、脚踏开关和各种功能开关等组成。

(1) 电源：输入电源为 220V 50Hz 交流电，输出 0～32V（因厂家、型号不同，电压亦不同。

一般均在36V安全电压以下）可调直流电压，供微型电机使用。

(2) 电源开关：控制输入电源的通断，大部分机型都配有电源指示灯，电源接通后指示灯亮。

(3) 手控和脚控选择开关：功能为选择是使用脚踏开关控制微型电机旋转，还是手控电机的旋转。有些机型无此功能开关。

(4) 脚踏开关：用脚控制输出电源的通断，达到控制微型电机的停与转。脚踏开关有两种，一种为只控制输出电源的通断，另一种则带有调速功能，不但能控制输出电源的通断，还可控制输出电压的大小，从而控制微型电机的旋转速度。

(5) 正反转选择开关：用于控制微型电机的旋转方向，开关拨至正转档时，微型电机右旋，拨至反转档时，微型电机左旋。少数机型无此开关。

(6) 速度选择旋钮：用于调整微型电机旋转速度的快慢。有分档选速和无级调速两种选速形式。无级调速又分旋钮式和平推式。

(7) 恢复按钮：起保险作用，当电机出现短路或承受过载负荷堵转时，控制器内的保护电路会自动切断电源，只要排除故障和纠正使用方法，按一下恢复按钮，微型电机即可再次使用。有些机型无此按钮。

技工用微型电机工作原理见图16-3-6。

（二）操作常规

1. 将微型电机电源插头插在控制器上。
2. 接通电源。
3. 选择微型电机的旋转方向。
4. 选择车针或砂石针并夹持到打磨夹头上，针柄的粗细应符合国际标准。现通用的针柄直径为2.35mm。
5. 选择控制方式，若用脚控则将脚踏开关与控制器连接。
6. 将微型电机调速旋钮调至最低速。
7. 将电源开关拨至“ON”位。
8. 调整转速。
9. 打磨时用力要均匀，且不宜过大，一般为50～100g力。
10. 每次启动电机时，一定要从最低速开始，仔细检查砂轮等有无抖动现象。如抖动大，需用金刚石轮修整平衡，不抖动后再使用，以免发生危险。
11. 砂轮杆弯曲切勿使用。即使是矫直后亦不要使用，因为微小的弯曲肉眼无法分辨，在高速旋转时，产生剧烈抖动，既影响打磨工件的质量，也缩短轴承寿命。使用大直径的砂轮等，一定要降低

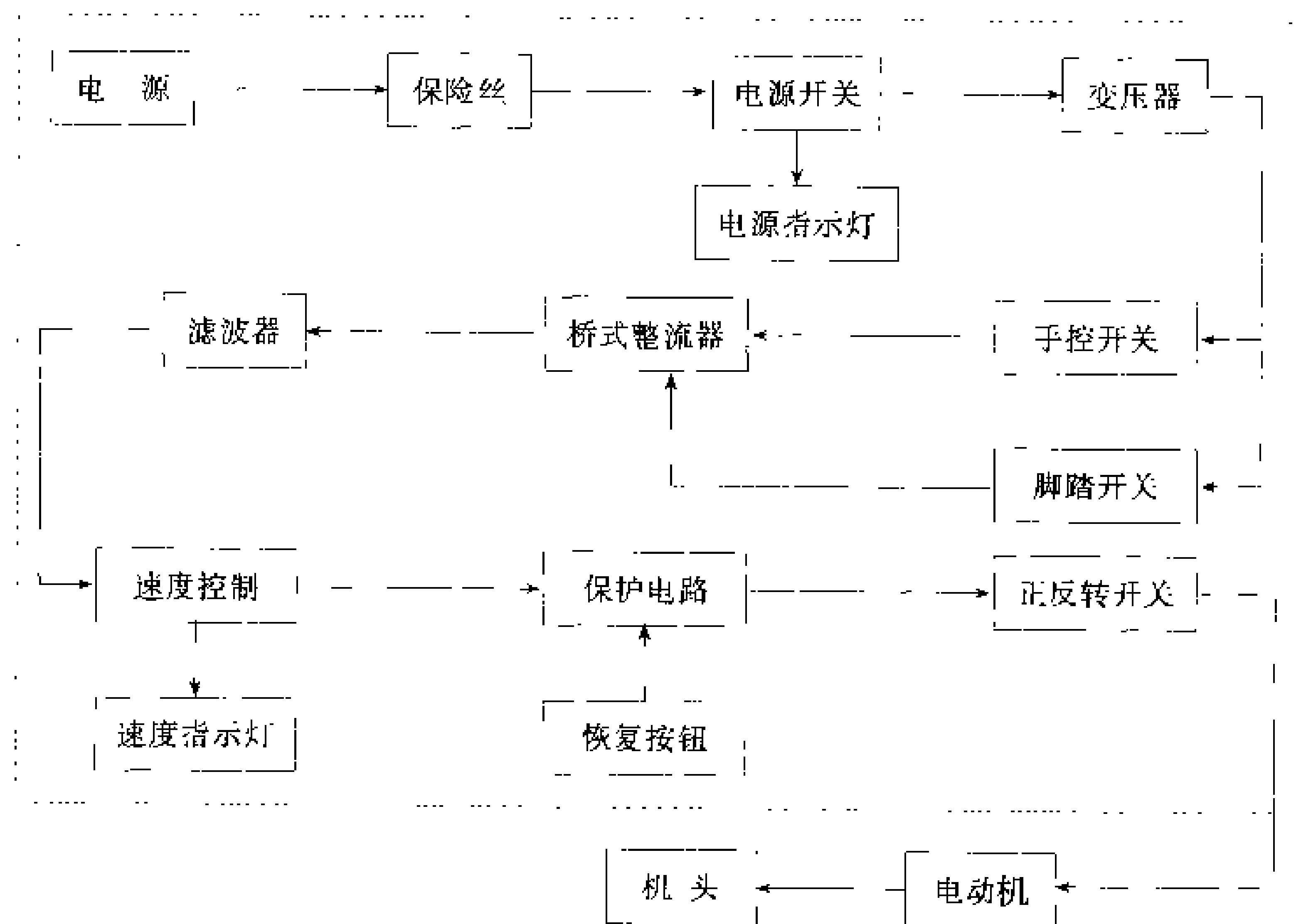


图16-3-6 技工用微型电机工作原理示意图

电机转速，以免发生砂轮杆弯曲砂轮飞裂打磨工件质量下降等，并会缩短轴承寿命。

（三）保养

1. 经常保持机头的清洁和干燥。

2. 定期用压缩空气清洗夹头。（因大多数厂家使用的是含油轴承，不必加油。加油后，反而会造成污染，沾附粉尘，甚至导致油污渗入到电机内部、造成故障。）

3. 定期清扫微型电机内炭粉，防止电机短路。

4. 防止碰撞和摔打微型电机，以免损坏电机。

5. 不要在夹头松开状态下使用电机。

（四）常见故障及排除方法

微型电机常见故障及排除方法见表16-3-7。

表16-3-7　微型电机常见故障及排除方法

常见故障	可能原因	排除方法
打开电源开关，打磨机不旋转	未接电源或电源插头接触不良	检查电源，插好电源插头
	保险丝熔断或电源线断路	检查原因，更换同规格的保险丝或电源线
	超负荷运转，保护电路自动切断电源	纠正不正确的操作方法，按一下恢复按钮，即可重新使用
	脚踏开关及控制器故障	检修脚踏开关，更换损坏的元件
	炭刷磨损	更换同规格的炭刷
手机震动较大，车针摆动剧烈	车针柄不符合标准、针未装到位、针杆弯曲或砂石针的砂石松动等	更换标准车针并安装到位
	轴承损坏	更换轴承
微型电机或夹头发热，发出不正常的气味和声音	车针未夹紧或未装到位，造成转轴扭力增大，致使电机和夹头温度升高	重新装夹车针。清理弹簧夹头内部积存的粉尘等污物
	微电机有短路，造成电流大或出现“打火”现象，致使温度升高和异味	检修微电机，清除机内炭粉，消除短路故障
	使用不当或使用时间过长	间歇使用，避免发热损坏电机

（胡　民）

二、技工打磨机

技工打磨机（dental laboratory lathe），是技工室最基本设备之一。用于修复体的打磨和抛光。

（一）结构

技工打磨机是由打磨机主体和附件所构成，主体是动力源，提供打磨时所需的旋转动力，附件则是根据需要提供各种功能，以供医师或技工使用时选择。

1. 打磨电机　即打磨机主体部分，是一部双速双伸轴异步电机，在两端双伸轴上安装各种附件，可提供打磨时所需的功能要求。

2. 机臂支架　将三弯臂插入，配合带绳轮的锥形螺栓、机绳及直、弯机头，可用于口腔治疗和义齿打磨。机臂支架安装在打磨机的侧端，不需要时松开固定螺丝即可卸下。

3. 带绳轮锥形螺栓　与三弯臂配合可作牙科电机使用。同时锥形螺栓还可安装各种抛光轮，供义齿修复时抛光用。

4. 锥形螺栓　供安装各种抛光轮作抛光用。锥形螺栓为左旋螺栓，应安装在主机的左轴上。

5. 车针轧头　用于夹持砂轮、供义齿、义齿基托、义齿支架的打磨、修型等用。

6. 砂轮夹头　用于夹持砂轮。供义齿金属支架的打磨。砂轮夹头是用平头螺丝紧固砂轮，使用前须分清紧固螺丝的方向（左旋或右旋），将其安装在相应的轴上。

（二）工作原理

技工打磨机的电机为单相电容启动电动机，该电动机由转子、定子、电容器、开关和变速旋钮开关等组成。电机转子采用的是双伸轴，用于安装各种附件和传递扭矩，增加使用功能，外伸轴两端为圆锥形，便于快速装卸附件。打磨机的旋转速度分快速和慢速两档，其变速方法采用变极调速，由旋转式速度转换开关控制。

（三）操作常规

1. 技工打磨机应放置在平稳牢固的工作台上，电源应采用三孔插座，要有良好的接地保护。

2. 按工作需要正确选择和安装抛光轮、砂石轮等附件，必须注意，左旋螺栓应装在左轴上，右旋螺栓应装在右轴上，否则在使用过程中会自行脱落。

3. 仔细检查砂轮有无破损和裂纹，有破损和裂纹的砂轮绝不能安装使用。安装砂轮的正确方法是：将砂轮平稳放入砂轮夹头上，用起子均匀拧紧夹紧螺丝，不可用力过猛以免伤害砂轮。

4. 安装附件时，要先将端轴擦拭干净，将附件的内孔正对着端轴插入，在距安装到位还差10mm左右时，使用快速冲击力将其装入，使之不易松脱。如需卸下轴上的附件，只需将打磨机两端带有手柄的螺母旋转退出与附件接触，然后用力退

出手柄，使其附件松脱卸下。切不可用其它工具敲击附件或轴，以免损坏轴和附件。

5. 速度转换开关位于打磨机正面下方，旋转开关应按顺时针方向旋转。需使用慢速时，亦应按顺时针方向先旋转到快速档，待电动机启动并运转正常后，再顺时针旋到慢速档使用。切忌直接用慢速档启动，否则电动机不能正常启动和运转，离心开关甩不开，启动线圈长时间在大电流下工作易烧毁电动机。

（四）保养维修

1. 保养

（1）经常用干燥的棉纱或布擦拭打磨机的表面，使其保持清洁。注意保持端轴的光洁度，常用含微量轻质润滑油的棉纱擦拭两端及附件的内孔，防止生锈。

（2）每月向打磨机左右两侧的加油孔内各注入4～5滴清质润滑油。新购的打磨机在第一次使用前也应加注润滑油。每次加完油后，盖紧油孔上的盖或塞，防止粉尘进入，影响打磨机的使用寿命。

2. 常见故障及排除方法见表16-3-8。

表16-3-8 技工打磨机常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
电动机不启动	无电源	检查供电电源
	电源插头未插牢	插紧电源插头
	电动机抱轴	检修电动机
	转子和定子扫堂卡轴	调整转子和定子间隙
	轴承严重磨损或损坏	更换轴承并加油
	电容器击穿	更换同型号电容器
	速度转换开关损坏	修理或更换速度转换开关
电动机转动速度慢	离心开关故障	修理或更换离心开关
	绕组断路或烧毁	重接或重绕绕组
	离心开关触点粘连	修理离心开关、砂磨触点
	离心开关损坏	更换离心开关
	违反操作常规，使用慢速档启动	遵守操作常规，严禁使用慢速启动
打磨机启动即熔断保险丝，或运行数分钟后电动机发热并发出焦味	电机绕组短路，造成电流过大，熔断保险丝，使电动机异常发热	立即停机，由专业维修人员检修

（胡 民）

三、喷砂抛光机

喷砂抛光机又称喷砂机（sand blaster），是用于清除牙科修复体上铸件（冠桥、支架、卡环等）表面残留物的设备，常与高频离心铸造机配套使用。

喷砂抛光机有三种类型：一种是手动型即手拿铸件在喷砂嘴下抛光；另一种是自动型即将铸件放在转篮中，转篮一边旋转一边对铸件喷砂抛光；还有一种是笔式喷砂机，用于烤瓷件抛光，分为双笔式和四笔式。三种类型的喷砂抛光设备的功能和用途基本相同。

（一）结构原理

1. 结构　喷砂抛光机由以下部件组成：

（1）调压阀：调整供喷砂用压缩空气的压力，压力调整范围0.4～0.7MPa。

（2）电磁阀：控制压缩空气的输出。

（3）压力表：显示压缩空气的输出压力。

（4）喷嘴：用于喷砂抛光，压缩空气带动金刚砂，从喷嘴的小孔内高速喷出，打在铸件表面进行抛光。

（5）吸砂管：利用压缩空气喷射时产生的负压吸取金刚砂。

（6）转篮：自动喷砂抛光机有一转篮，用于放置铸件，在喷嘴下自动旋转，保证喷砂能均匀的喷到铸件各个表面。

（7）定时器：自动喷砂抛光机有一定时器，可以选择自动抛光时间。

喷砂抛光机外型是一箱体结构，工作仓与外界呈密封状态，防止粉尘外溢，排气口设有过滤布袋，使排出空气洁净。

滤清器、调压阀、电磁阀、压力表及开关和定时器装在箱体外。箱内工作仓有照明灯、喷嘴和吸砂管，箱体正面有个视窗，可以观察工作仓的工作情况。自动喷砂抛光机还包括转篮和自动旋转系统。

不同粒度的砂粒可选择不同的喷嘴。喷嘴是采用高硬度的耐磨材料制成（硬质合金钢或陶瓷材料），使用寿命长，更换方便。

2. 工作原理　空气压缩机为喷砂抛光机提供气源，经滤清器过滤，又经调压阀调定喷砂压力，接通电源，电磁阀工作，压缩空气从喷嘴喷出，并

带动金刚砂一起从喷嘴射出，对铸件表面进行抛光。

喷砂抛光机主要技术参数

电源：220V50Hz

气源：0.6～0.8MPa，排气量：0.15m³/min

喷砂压力：0.4～0.7MPa

金刚砂：氢氧化铝

（二）操作常规

1. 接通气源，将空气压缩机气管与喷砂抛光机管路接通。

2. 接通电源，箱内照明灯亮。

3. 将金刚砂装入工作仓。

4. 调整喷砂压力。

5. 放入铸件，自动喷砂机将铸件放入转篮，关好密封机盖；手动喷砂机先将右手从套袖口伸入箱内，将铸件从机盖处传给左手，密封机盖，启动工作开关，将铸件对着喷嘴，从不同角度抛光铸件表面。抛光后关闭工作开关，关闭电源。

6. 换砂 将箱体下方的密封螺母旋开，放出金刚砂，然后旋紧螺母，从箱体上面放入新砂。

（三）保养

（1）经常清除滤清器中的水和油，定期清除过滤袋中的存砂。

（2）喷嘴内孔直径为3.5mm，长期使用会磨损扩大，造成喷砂无力，效率降低，应及时更换喷嘴，更换喷嘴时应断开电源，以防触电。

（3）金刚砂应保持干燥和干净，以防堵住吸管或喷嘴。

（4）经常保养空气压缩机，保证喷砂抛光机有正常的气源供应。

（5）当观察窗玻璃被砂打模糊后应及时更换玻璃，保证有良好的观察效果。经常注意密封件的好坏，防止砂尘外溢。

表 16-3-9 常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
不能喷砂	吸砂管露出砂面，不能吸砂	将吸砂管插入砂斗内
	异物堵住喷嘴或气管	清除异物
喷砂无力	喷嘴变形	更换同型号喷嘴
	砂粒出现粉尘	更换新砂
	气源压力不足（低于0.4MPa）	调整气压使之达到0.7MPa
漏气	气管连接头松动	拧紧接头
	调压阀故障	修理调压阀

（四）常见故障及排除方法

常见故障及排除方法见表16-3-9。

（李朝云）

四、电解抛光机

电解抛光机（electrolytic polisher）是利用电化学的腐蚀原理，对金属铸件表面进行电解抛光。既提高了铸件的表面光洁度，又不损坏铸件的几何形状。该机具有效率高，加工时间短，表面光泽性好等优点，是口腔技工室基本设备之一。

（一）结构

电解抛光机主要由电源及电子控制电路和电解抛光箱两部分组成。

1. 电源和电子控制电路是提供电解抛光时所需电流的大小和抛光时间的长短的部件，在电解抛光过程中需根据铸件的大小和抛光程度选择电流的大小和时间的长短。

2. 电解抛光箱主要由电解槽，电极和控制面板所组成。

电解槽用于存放电解液，电极分阳极和阴极，在电解抛光时，将铸件与阳极连接放入电解液中，阴极接电解槽。控制面板上装有电流调节旋钮和电流表、时间调节旋钮、电源开关及电源指示灯、关机按钮、电解抛光或电镀转换开关，有些电解抛光机还可以对铸件进行电镀处理，因此设置一个转换开关，供选择使用。

3. 电解抛光机的电子电路是由整流电路、时间控制电路、电流调节电路及电流输出电路等组成。

（1）整流电路：是将经过变压器降压后得到的20V交流电，经过整流滤波变成直流电，供后续电路使用。

（2）时间控制电路：是利用调节电容充电电流的大小，来控制抛光时间的。

（3）电流调节电路及电流输出电路：电流调节电路用于改变抛光电流的大小，调节范围在0～25A，电流输出电路是为了改善输出功率，满足抛光时所需电流值。

（二）工作原理

抛光铸件在电解液中处于正电位（阳极），电解槽

处于负电位(阴极),在电场的作用下,铸件表面产生一层高阻抗粘膜,但凸起部分比凹下部位粘膜薄,因此凸起部分先被电解,整个表面逐步被抛光。

(三) 操作常规

1. 将电解液倒入电解槽内,并给电解液加热至电解所需温度,约20~50℃,然后放入抛光机内。将时间调节旋钮和电流调节旋钮调至最小,用不锈钢丝挂牢铸件放入电解液中,接好电极。

2. 打开电源开关,根据铸件的大小和电解液的性能,调节电流和时间,电流表有指示且电解液起泡、表明抛光正在进行。

3. 抛光时间终止,电流表返回零,抛光结束,若抛光效果不佳可再进行第二次抛光。

(四) 保养和维修

1. 了解和掌握抛光机的性能和操作方法。

2. 电源电压要稳定并与抛光机的使用电压一致。

3. 经常检查电解槽,有无破裂等现象。

4. 在工作时,随时注意铸件与阳极的连接是否良好。

5. 使用完后,应将电解液从电解槽内倒出,并清洗电解槽。

(五) 常见故障及排除方法

电解抛光机常见故障及排除方法见表16-3-10。

表16-3-10 电解抛光机常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
打开电源开关,抛光机不工作	保险丝熔断	更换保险丝
	电源线断或变压器绕组开路	更换或修理电源线、变压器
	整流电路故障	检修整流电路,更换损坏元件
	时间控制电路损坏	更换元件
无电流输出或输出电流不可调及调节范围小	电流输出电路故障	检修电流输出电路,更换损坏元件
	电流调整电路故障	检修电流调整电路,更换损坏元件
	电流表损坏	更换电流表
	电流调节电位器接触不良	用无水酒精洗电位器的触点,或更换电位器
抛光机不能定时	时间控制电路损坏	更换元件
手动关机失灵	关机开关电阻损坏,或停机按钮损坏	更换电阻,修理或更换停机按钮

(李朝云)

五、超声波清洗机

超声波清洗机(ultrasonic cleaner),是利用超声波产生振荡,对口腔修复体表面进行清洗,主要用于烤瓷、烤塑金属冠等几何形状复杂且精密的铸造件的清洗。

由于电子技术的发展,超声波清洗机由原来笨重的电子管超声波发生器被现在小巧的晶体管和集成电路所取代,超声波清洗机也变得轻便和操作简便。

(一) 结构和原理

超声波清洗机主要由清洗槽和箱体组成,箱体内有超声波发生器和晶体管电路等。清洗机的清洗槽是用不锈钢制成,换能器固定在清洗槽底部,晶体管电路由电源变压器、整流电路、振荡及功率放大电路、输出变压器等构成。

超声波清洗机的原理是利用超声波产生的能量,对物质分子产生声压作用,即在分子排列紧密时,液体分子受到压力;液体分子排列稀疏时,液体分子受到拉力;液体分子较能承受压力,但在拉力作用下,分子排列易发生断裂,而在液体中的杂质、污物及气泡处是最易断裂的地方。液体分子断裂后,会产生许多泡状空腔,这些空腔可以产生巨大的瞬间压力,一般可达几千兆帕。巨大的压力使液体中物质表面受到剧烈的冲击作用,超声波的声压作用被称之为"孔蚀现象"。超声波清洗机就是利用超声波这一特性对工件进行清洗。

(二) 操作常规

1. 将清洗槽内加水或清洗液。

2. 接通电源。

3. 旋转定时开关至所需时间位置,连续清洗时间不应超过6分钟。

4. 时间到后,清洗机自动停机。应停机一段时间后才能再次启动清洗机,以便换能器有足够时间降温。

(三) 保养

1. 清洗液不易过满,一般为清洗槽的三分之二。

2. 用完后,应将清洗液倒出并将清洗机清理干净,尤其使用有腐蚀性清洗液更是如此,防止损坏设备。

3. 保持设备清洁,设备应放在通风干燥处保

存。

（四）常见故障及排除方法

常见故障及排除方法见表16-3-11。

表16-3-11 常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
清洗机不工作	电源未接通	接通电源
	定时开关未打开或损坏	打开定时开关或更换定时开关
	电路或换能器故障	请专业人员检修
机器能工作但清洗能力低	多为换能器和电子电路故障	应请专业人员检修

（胡 民 李项明）

第五节 牙科焊接机

一、牙科点焊机

牙科点焊机（dental spot welder）是用于焊接金属材料的一种设备，在口腔医学中主要用于修复科、正畸科在制作各类义齿支架、固定桥金属件和各类矫正器等。

（一）结构和原理

1. 结构 点焊机外观为箱体型，箱外是点焊电极和控制开关等。箱内为焊接电路，焊接电路主要由可控硅调压器、储能电容及电子电路组成。

（1）电压调节旋钮：用于调整焊接电压。

（2）电压表：用于显示所调的电压值。

（3）活动按板：用于装夹被焊件的调节板。

（4）焊接按钮和脚踏开关：按下焊接按钮或踩下脚踏开关，点焊机开始对焊件进行焊接。

（5）电极：又称电极棒，由二个组成一对电极组，分别接入两个电极座上。

点焊机有四对电极，适用不同焊件的需要，对于特殊要求可以自制。

（6）电极座：用于安装和调整电极的角度，两组电极座互相垂直，并可以在水平方向和垂直方向自由旋转定位。在电极座的连杆上有调节螺母，可以调整电极与焊件的距离和机械压力。

2. 原理 点焊属于电阻焊类型，是利用电流通过金属时产生的电阻热来熔焊、连接件的点焊过程是通过电极在焊件的局部先加压再通电，由于焊件内电阻和接触电阻发热，熔化局部表面金属，然后断电，冷却凝固，形成焊点，去除压力，焊接完成。

（二）操作常规

1. 电源要符合设备要求的电压。

2. 检查电极是否完好，如有氧化现象，可用细砂纸将电极磨光，保证焊接时接触良好。

3. 打开电源开关，调节焊接电压。

4. 按下按板，将焊件放入两电极间，缓慢松开按板，使上下电极压紧工件，注意调整两极对焊件的压力。

5. 按下焊接按钮或踩下脚踏开关，电压表上的数值降至“0”时，焊接完成。

（三）保养和维修

1. 保养 点焊机应放置在平稳、干燥的工作台上，要经常保持设备清洁，停止使用时必须切断电源，并将电极转至非定位位置以外，避免电极损坏。检修设备时，应将储能电容放电后再进行，避免触电。

2. 维修 常见故障及其排除方法见表16-3-12。

表16-3-12 点焊机常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
接通电源开关，指示灯不亮	保险丝熔断	找出熔断原因，更换同规格保险
	电源插头接触不良	检查线路，插紧插头
	指示灯泡损坏	更换指示灯泡
接通电源，点焊机不工作	焊接按钮接触不良脚踏开关接触不良	用砂纸打磨触点或更换按钮用砂纸打磨触点或更换脚踏开关
	储能电容损坏，电子电路元器件损坏	更换电容，更换同规格元器件
	输出部分断路，上下两电极接触氧化	检查线路并接牢，用砂纸打磨接触处，除去氧化层

（胡 民 李项明）

二、激光焊接机

激光焊接机（dental laser welding machine）是现代口腔制作室的必备设备之一，主要用于贵金属、非贵金属及钛合金间的焊接。该技术不同于传统焊接方式，系无焊接剂焊接，生物兼容性高，利于环保。制作室常用于长固定桥的固位体与桥体间的焊接、RPD活动架间焊接、精密附着体焊接、铸造空洞修补以及整铸义齿支架的修补等方面，以

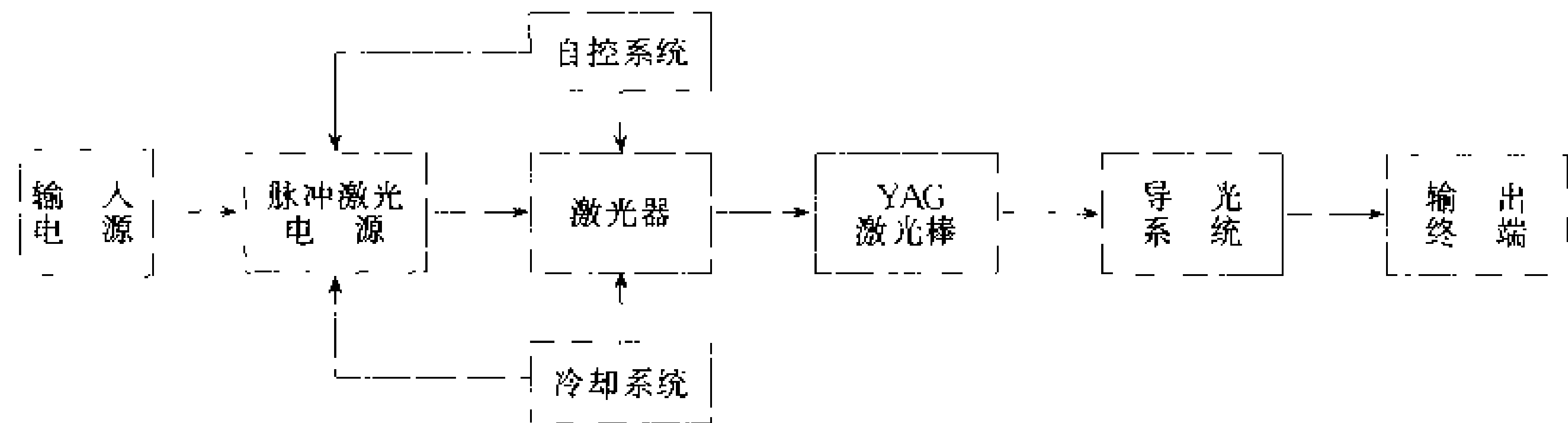


图 16-3-7 激光焊接机工作原理示意图

达到提高固定义齿适合性和节约支出等目的。

(一) 结构与工作原理

1. 结构 口腔激光焊接机主要由脉冲激光电源、激光器、工作室以及控制显示系统等四部分组成。

(1) 脉冲激光电源：具有单一或连续脉冲两种形式，为氙灯和激光器提供电源。目前常用最大脉冲能量为40～50J，脉冲宽度为0.5～20ms。

(2) 激光器由激光棒、光泵光源、光学谐振腔和冷却系统组成。

1) 激光棒常用的晶体棒为Nd:YAG（钕）晶体，波长为1064nm（红外区）。晶体棒的质量影响激光输出能量的大小。

2) 光泵光源：脉冲氙灯作为光源将绝大部分电能转变成光辐能，一部分电能变成热能。

3) 光学谐振腔可控制输出激光束的形式和能量。

4) 冷却系统常为封闭的冷却循环水以降低光源和谐振腔内温度。

(3) 工作室由固定架、放大目视镜、激光发射头以及真空排气系统或氩气保护装置等组成。

(4) 控制和显示系统可选择焊接面焦点直径和脉冲时间并显示。也可选择合金种类等，并可编程。

2. 工作原理 通电后脉冲激光电源工作，使脉冲氙灯放电、激光器产生脉冲，激发激光棒发出激光，再通过光学谐振腔谐振后输出激光。该激光在导光系统和控制系统作用下，以一定焦点直径、能量聚焦于焊点上，熔融合金产生焊接（图 16-3-7）。

(二) 操作常规

1. 接通水源和电源。

2. 选择经常焊接的合金种类的预编程序或人工选择焦点直径或脉冲时间。

3. 用手将焊接物放入工作室并固定。

4. 直视下焊接。按下触发开关。

(三) 保养与维护

1. 仪器应接地线，工作时不要打开机箱，以免触电发生意外。

2. 注意冷却系统或真空排气系统工作是否正常。冷却水为蒸馏水每月换一次。

3. 每次工作后工作室内应清洁干净。

4. 直视放大镜应保持干净。

5. 氩气喷嘴应对准焊点。

6. 若无自动护眼装置应配戴激光防护镜。

(四) 常见故障及其排除方法

常见故障及其排除方法见表 16-3-13。

表 16-3-13 激光焊接机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
机器不工作	无电源 保险丝熔断	检查供电电源 更换保险丝
焊接深度不足	激光晶体损伤 焦点改变	更换激光晶体 调整相应的激光器元件
冷却水过热	工作间隔不足 水量不足	正确间隔连续焊接 加水
真空泵不工作	管道漏气 无电 真空泵故障	检查连接处 检查电源 维修或更换

（于海洋）

第六节 真空烤瓷炉

烤瓷炉（porcelain furnace）是口腔修复科的专用设备之一，主要用于烧烤牙用瓷体。真空烤瓷炉是指具有真空功能的烤瓷炉。

口腔科常用的烤瓷及其烧烘过程具有以下特点：

1. 目前临床常用的烤瓷熔点为1090～1260℃（中温烤瓷）和871～1066℃（低温烧瓷）。

2. 由于瓷不易传热，烧烘时若加热过快，瓷体易发生破裂。烧烘完成后，若冷却过快，瓷体易产生裂痕。

3. 瓷粉中含有一定的水份，在烧烘过程中，瓷体有一定的收缩性，同时可放出二氧化碳气体。

4. 瓷在熔化时可产生气泡，使烧烘后的瓷体内形成空洞。为了遮盖瓷体表面的微孔使瓷面光滑，需在瓷面上釉。临床上一般采用的上釉方法有两种，即自行上釉（将烧好的瓷体在高于体瓷烧熔温度10～20℃下保持数分钟）和分别上釉（将涂有低温釉粉的瓷体加热到871℃，使之熔化形成表面釉层）。

鉴于上述特点，为了达到满意的烤瓷效果，要求真空烤瓷炉具备以下功能：①烤瓷炉的最高温度应能达到中温烤瓷的温度。烤瓷应具有控温设备。对烧烘过程中的各项参数应设有观察窗。②烤瓷炉应具有真空功能，并要控制真空度，以提高烤瓷质量。

（一）结构

烤瓷炉由炉膛、产热装置、电流调节装置、调温装置及真空调节装置五部分组成。

1. 炉膛　有垂直型和水平型两类，它是瓷体烧烘的场所。炉膛又为膛体和炉台两部分，之间以密封环密封。

2. 电流调节装置及调温装置　用于控制炉膛内的恒定温度及升温速度。

3. 产热装置　多采用铂丝作产热体，如烧结低熔烤瓷，也可用镍铬合金丝或铁铬铝合金丝作产热体。

真空调节装置：用于充分排除炉膛内的空气，保持炉内的真空度。

（二）工作原理

烤瓷炉多采用电脑控制，功能较为完善。其控制电路主要包括温度传感器、压力传感器、单片机、只读存贮器（ROM）、输入输出接口及显示器等（图16-3-8）。ROM中一般储存有数个程序，以满足不同烤瓷过程的需要。此外，程序中预定的内容，如升温速度、最终温度及真空烤瓷等均可由程序入键进行更改。当温度传感器和压力传感器检测到炉膛内的温度和压力信息，以输入输出接口送到单片机处理。启动信号（由启动键控制）送到单片机时，单片机即按ROM中相应的程序控制电流调节装置和真空装置自动进行工作，使整个烤瓷过程达到所规定的要求。

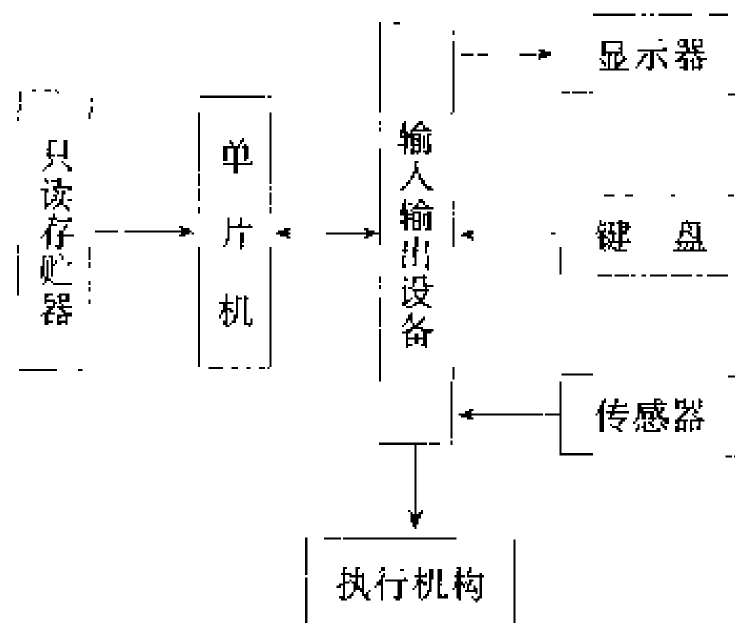


图16-3-8　烤瓷炉控制电路示意图

不同的烤瓷炉其结构、功能和程序设计均有差异，但由单片机控制的烤瓷炉均设有显示窗、键盘及功能接口。

1. 显示窗　其作用是为操作者提供烤瓷炉工作情况的信息。

（1）程序显示：一般具有两种功能，即显示所选择程序的编号数据及该程序正在进行或已运行完毕。

（2）温度显示：主要显示现时温度（炉膛内的实际温度）和最终温度（程序所预定的最高温度）。

（3）时间显示：主要显示预热时间、升温时间、最终温度持续时间、真空烤瓷时间及程序内各顺序的经过时间。

（4）真空显示：主要显示炉膛的现实真空度及程序所预定的真空度。

（5）故障位置显示：具有自检功能的机型，在故障位置显示上，以数字或特定符号显示某些故障和程序不当部位。

2. 键盘　依据键盘的作用可分为两类，即数据键和功能键。

（1）数据键：一般设置0～9的数字键，使用者利用该键可以向单片机提供各种数据，该键与功能键配合可进行以下操作。

1）输入程序编号的数字，用以选择所需程序。

2）更改程序中所预定的内容，主要包括温度参数、时间参数和真空参数。

（2）功能键：不同型号烤瓷炉的功能键设置差

异较大，一般应具备以下几种。

1）升降机手控键：用于控制烤瓷台送入或送出炉膛。

2）启动键：用于启动程序，使烤瓷炉按特定程序工作。

3）中断键：用于终止正在运行的程序。

4）更改键：与数据键配合，用于更改程序中所预定的内容。

3. 功能接口 烤瓷炉一般均具有真空烤瓷功能，因此，其主机上常设有真空泵的气源连接口和电源连接口，使用中应保持两个接口的良好连接。

（三）操作

烤瓷炉的操作主要包括程序内容的更改和程序的运行。

1. 程序内容的更改

（1）调出所要更改的程序。

（2）选择所要更改的内容。

（3）利用数据键更改此项内容。

2. 程序的运行

（1）根据烤瓷需要，调出适当的程序。

（2）使用手控键将炉膛降到底位。

（3）利用启动键，使烤瓷炉开始工作。

（4）工作完成后按动手控键，使炉膛升至封闭状态，最后关闭总电源。

（四）保养及维护

1. 经常保持烤瓷炉的清洁，每次使用完后应罩上防尘罩。

2. 烤瓷炉的机械系统如出现运转不灵或噪声大，可加少许润滑油。

3. 在烤瓷过程中不能使瓷与炉膛内壁接触，否则可能发生粘连。

（五）常见故障及其排除方法

无论烤瓷炉发生任何异常现象，均应及时切断电源，请专业维修人员进行检查维修。对具有自检功能的烤瓷炉，可参照烤瓷炉显示的故障位置进行检修。但使用人员可进行以下两项检修工作：

1. 更换保险管。

2. 真空系统故障。在真空泵正常工作的情况下，重点检查烤瓷台周围的密封圈，清洁与升降机边缘接触的炉膛下边缘。

（鲁 喆）

第七节 牙科种植机

牙科种植机（dental implant machine）是用于口腔种植修复中种植体穴槽成形手术的一种新型口腔修复设备。合理选择种植机与其所使用种植体配套的刀具是减少骨损伤、提高种植体穴槽的密合度的重要措施，对加快种植体骨愈合具有重要意义。

（一）结构与工作原理

1. 结构 牙科种植机主要由控制箱、马达手机和灭菌冷却系统等三部分组成。

（1）控制箱：由微电脑控制，主要由马达速度和变速手机选择键、转速、流量和时间选择键，电源开关（指示灯）、加速、减速键等几部分组成。

（2）马达：可无级调速，一般转速可从 0～40000 转/分。

（3）手机：为相应马达可配各种变速比手机，一般可分为减速手机（1/1、1/3、1/4、1/6、1/8、1/10、1/16、1/20、1/30、1/64、1/100、1/200、1/260、1/1000、1/1100）和加速手机（1×2、1×3 和 1×4 等）。

（4）灭菌冷却系统：水冷降温方式分两类，一般为外冷式，即手机前端喷水，切削中心冷却效果差，切削区周围冷却效果好，视野有时受限，另一种为内冷式，即由灭菌冷却水（蒸馏水或生理盐水）、蠕动泵和连接管等组成，蠕动泵可排出管内气泡，并对灭菌冷却水单向推出增压，使灭菌冷却水直接从装在手机上的切削刀具中心喷出，降低骨面温度，切削中心冷却效果好。

2. 工作原理 牙科种植机主要是通过变速比手机将马达的速度转变成植入手术所需的转速，再进一步通过调速电路在此范围内无级式地增加或减小转速，同时增大扭矩，使穴槽骨面热损伤减至最小。工作原理如图 16-3-9。

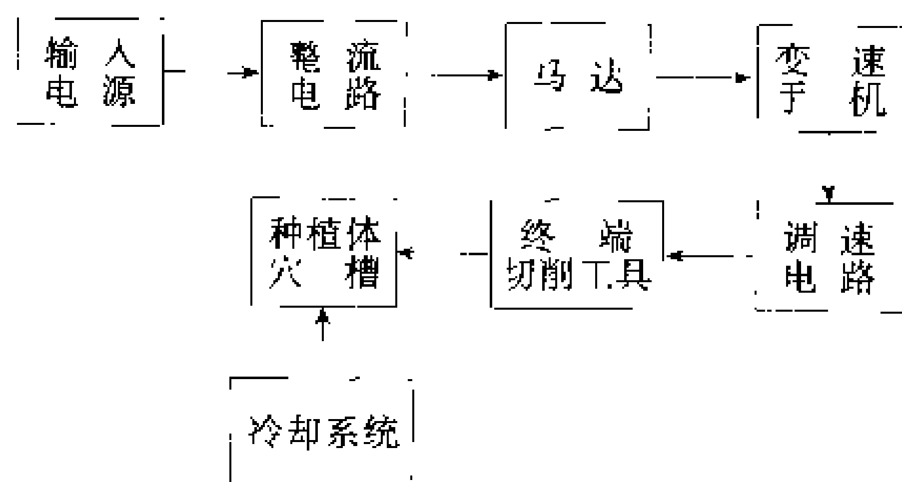


图 16-3-9 种植机的工作原理示意图

(二) 操作常规

1. 操作

(1) 打开电源开关，液晶屏显示指示开关。

(2) 按马达转速选择键,选择所用马达的转速。

(3) 按手机转速选择键,选择所用手机的变速比。

(4) 根据显示，按确认键。

(5) 接灭菌冷却水。

(6) 选择相应种植体的切削刀具。按“+”、“-”键即可增加、减低转速。

2. 注意事项

(1) 对准各部接口对接标志。

(2) 改变参数时需要重新设定。

(3) 改变马达旋转方向必须停机进行，切勿不停机改变方向，否则损坏马达或其它部件。

(三) 保养与维护

1. 保持清洁，经常用干燥的布擦拭种植机。

2. 马达、手机应定期维护（清洁、消毒)。

3. 切削刀具应与手机相匹配，无偏心、粗钝等现象出现。

(四) 常见故障及其排除方法见表 16-3-14。

表 16-3-14 牙种植机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
手机、马达不启动	无电源 电源插头未插紧 保险丝断 参数设定错误	检查供电电源 插紧电源插头 更换保险 重新设定
无冷却水	无水 蠕动泵不工作 切削工具孔堵塞	加水 检修蠕动泵 排堵或更换
转速不稳	参数设定错误 手机故障 马达故障 手机、马达连接不稳	重新设定 检修或更换 检修或更换 更换

(于海洋)

第八节 CAD/CAM 计算机辅助设计制作系统

CAD/CAM (computer-aided design and manufacture) 计算机辅助设计制作系统是以 CAD/CAM 技术为核心的口腔修复体的“微型”加工厂。它可在临床牙椅旁即刻完成所需的修复体设计和制作，也可在制作室完成相应修复体的设计和制作。目前，其加工的材料包括复合树脂材料、陶瓷材料和金属材料，主要用于嵌体、贴面、多面嵌体、全冠和简单固定桥的制作，也有报道可用全口义齿的制作。随着科学技术的发展，CAD/CAM 制作系统也在不断改进完善，但其工作原理基本相同。它将成为二十一世纪最有前途的义齿制作技术之一。

(一) 结构

CAD/CAM 计算机辅助设计制作系统主要由数字印模采集处理系统、计算机人机交互设计系统和数控加工单元三部分组成。

1. 数字印模采集处理系统　主要由光学探头(激光发射器、棱镜系统和 CCD 传感器) 或触摸式传感装置、控制板和显示器组成。

2. 计算机人机相交设计系统　主要由计算机、相应图像处理软件(编辑生成图像)和输入设备组成。

3. 数控加工单元　由同步多轴铣床、冷却设备和控制板组成。

(二) 工作原理

接通系统后，光学探头置于预备牙体和周围组织结构或相应代型上方一定距离，按设定像素大小发出激光束由 CCD 传感器接收，将光信号转变成电讯号，或由触摸式传感装置按象素描记预备体和周围组织结构，再由相应软件处理后生成数字三维图像，即完成预备体形态的数字化。该图像经过相应编辑软件作用可在其上设计出所作修复体的位置和形态，产生修复体的数据外形坐标集，并显示于显示器上，同时传输到数控铣床加工出相应修复体。工作原理如图 16-3-10。

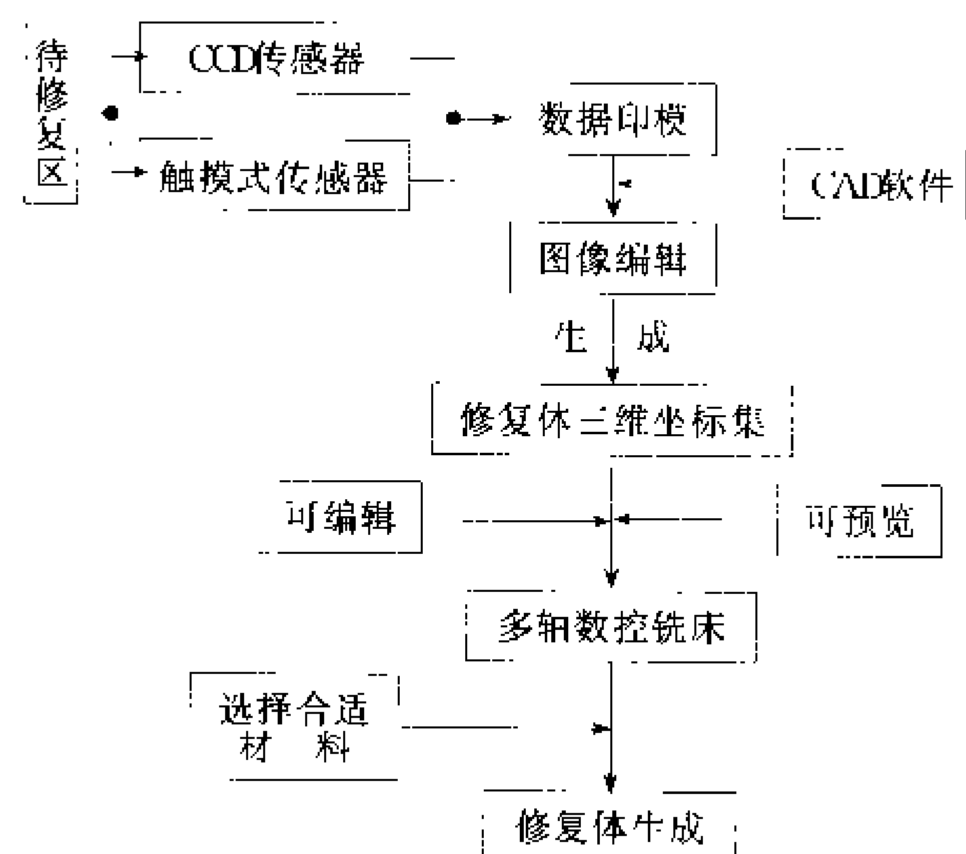


图 16-3-10 CAD/CAM 计算机辅助设计制作系统的工作原理示意图

（三）操作常规

1. 操作

(1) 插入钥匙软盘，接通电源启动系统。

(2) 将光学探头置于预备体之上一定位置，或用触摸式传感器按一定顺序，采集数据预备体印模，并于显示器上生成正确图像。

(3) 人机对话在预备体图像上设计修复体的外形参考点，并最终生成修复体数据集。

(4) 自动或人工选择加工块的材料、颜色和大小，置于加工单元并固定。启动加工。同步显示进度。

(5) 完成后取出修复体并试戴。

2. 注意事项

(1) CAD/CAM 系统的电源应稳定，波动<10%，连线应牢固，有条件可配稳压器或使用净化电源。

(2) 采集印模不清楚，切勿进行下一步。

(3) 未生成修复体数据实体者不要启动加工步骤。

(4) 启动系统时整个系统应固定稳定，不能有滑力。

(5) 多次加工每次加工应间隔 5 分钟以上。

(6) 光学探头应安放牢固，切勿碰撞。

（四）保养与维护

1. 每次使用前注意电源是否合乎要求。

2. 光学探头每次使用后应消毒并用纤维纸擦净，以免影响印模质量。

3. 冷却水应定期更换。

4. 加工刀具应定期更换，更换时必须使用专门工具。

5. 加工单元使用后应每次清洁。

（五）常见故障及其排除方法

CAD/CAM 制作系统常见故障及其排除方法见表 16-3-15。

表 16-3-15 CAD/CAM 制作系统常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
印模图像模糊	光学探头太高或太低 预备体前处理不良 光学探头及控制板故障	保持正确位置 重新喷反光粉 检修或更换
设计后图像处理时间过长	编辑线不合理 控制板故障	重新编辑 更换或维修
加工时间过长	编辑不合理 切削刀具太钝	重新编辑 更换刀具
系统不工作	钥匙盘错误 计算机故障	用正确钥匙盘 维修或与供货商联系

（于海洋）

第四章　口腔医学图像成像设备

第一节　牙科X线机

一、牙科X线机

牙科X线机（dental X-ray unit）简称牙片机，是拍摄牙及其周围组织X线片的设备。主要用于拍摄牙片、根尖片、咬𬌗片和咬翼片。

（一）结构与工作原理

牙片机分为座式、壁挂式和附设于综合治疗台牙片机三种类型。

壁挂式牙片机常固定在墙壁上，或悬吊在顶棚上；座式牙片机分为可移动型和不可移动型两种。可移动型座式牙片机在立柱底座下安装有滑轮，可多方向滑动。不可移动型座式牙片机则固定在地面某一位置。附设于综合治疗台的牙片机是安装在综合治疗台上，适合于口腔科医师在诊断治疗室内拍摄，但无防护设施，国内基本没有使用。

牙片机的特点　体积小、安装简便、机头转动灵活、使用方便、选用固定阳极X线管及清晰度高等。

牙片机由机头、活动臂和控制系统三部分组成。

1. 机头　包括X线管、高压变压器和冷却油。X线管是以钨丝为阴极，钨靶为阳极的真空玻璃管。变压器分高压变压器和低压变压器两种，高压变压器是将220V电压升到40～70kV的高压，供X线管阳极使用，低压变压器是将220V电压降到6～12V，供X线管阴极灯丝使用，使灯丝产生电子，在阳极高压作用下使电子加速撞击钨靶产生X线。

2. 活动臂　由数个关节和底座组成。

3. 控制系统　是对X线管的X线产生量进行调节和限时的低压系统。牙片机的控制系统元件安装在控制台内。控制台面板采用数码显示，控制台内装有电源电路、控制电路以及高压初级电路的自耦变压器、继电器和电阻等部件。电脑控制系统，自动按牙位键电脑选择曝光时间。

牙片机的主要技术参数：管电压　60～70kV；管电流　10mA或0.5mA；焦点　0.8mm×0.8mm或0.3mm×0.3mm

（二）操作步骤与注意事项

1. 操作步骤

（1）合闸接通外电源。

（2）打开牙片机电源开关，绿色指示灯亮调节电源电压到所需数值。

（3）根据拍摄部位，在面板上选择曝光时间。

（4）按要求放好胶片，X线管对准投照部位后，开始曝光。

（5）曝光完毕，将机头复位，冲洗胶片。

（6）下班前，关闭牙片机电源开关，关闭外电源。

2. 注意事项

（1）X线管在使用时应有一定的间歇冷却时间，最少达1∶75秒，使球管散热，防止烧坏阳极靶面。

（2）使用牙片机时，应避免碰撞和震动。

（3）发现有异常现象，应立即停机检查，防止故障扩大。

（三）保养

1. 保持机器清洁和干燥。

2. 定期检查接地装置，经常检查摩擦部位导线的绝缘层，防止破损漏电。

3. 定期给活动开关部位加润滑油。

4. 定期校准管电流和管电压数值，调整各仪表的准确度。

5. 定期全面检修，及时消除隐患，保证机器正常工作。

（四）常见故障及其排除方法

牙科X线机的常见故障及其排除方法见表16-4-1。

表 16-4-1 牙科 X 线机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
摄影时保险丝熔断	电路短路	检查各接线端及机头与杆体的旋转部分有无短路
	自耦变压器故障	检查自耦变压器输入及输出线
	机头部分故障	检修机头
毫安表无指示，无X线产生	接插元件接触不良	检查按钮、限时器、接插元件、保护元件
	高压初级故障	测量高压初级输出值有无异常
	高压发生器及X线管故障	检修机头、更换X线管
限时器无响声	动力发条或弹簧折断，不复位传动齿轮故障	更换发条或弹簧，调整或更换齿轮，同时加润滑油
	闭锁和操纵机构失灵	调整发条位置后重新固定
摄片时，胶片有时不感光	接触器故障，或接点有污物，或簧片变形	清除接点污物，调整接点距离，更换簧片
	可控硅及控制部分故障	检修可控硅及控制部分
曝光时，机头内有异常响声	机头漏油，有气泡产生	加油后排气，密封漏油部位
	机头内有异物	清除机头内的异物
	冷却油被污染	更换冷却油
	高压变压器故障	检修或更换高压变压器

（王艳清）

二、数字化牙科 X 线机

数字化牙科 X 线机（digtal dental X-ray set）是由牙科 X 线机和电子计算机系统联合组成，可分为有线连接和无线连接两种。数字图像技术的应用极大的扩展了牙科 X 线片的诊断领域。

（一）结构与特点

1. RVG（radiovisiograpy，RVG）数字图像处理系统（oral digital image system 简称 ODIS）

（1）传感器（sensor）：简称探头。其体积如牙片大小，厚度为 4.5mm，中间或边缘有一连接线。传感器的边缘圆钝光滑避免损伤口腔粘膜。经传感器内封装有一片 19.6mm × 28.8mm 的荧光闪烁体，是接收 X 线的部分，闪烁体将 X 线信号转变为可见光信号。

（2）光导纤维束和 CCD 摄像头：位于连接线内的光导纤维束有 4 万余支紧贴闪烁体，将可见光信号传输给纤维另一端的光电耦合（CCD）摄像头，CCD 将光信号转换为电信号沿导线输入到计算机内的图像处理板。

（3）图像处理器：处理由 CCD 传送来的信号，经过 12bit A/D 变换转换成 4096 级灰度的图像信号，可使图像在电脑屏幕上显示。

（4）计算机及打印系统：完成图像处理、储存、管理和输出。并可通过计算机网络将图像直接送到医生诊疗室。也可将图像打印出来。

2. DIGORA 数字图像处理系统

（1）图像板（imaging plate）：又称影像板。厚度和面积与牙片相似，不能弯曲，由包埋于聚合体结合剂中及位于合成树脂表面的磷颗粒构成，没有连接线连接。经 X 线投照后，被照物体的影像储存于图像板上，不能直接在屏幕上显示。

（2）扫描仪（scanner）：用激光进行扫描。将图像板放入扫描仪内，激光通过屏发生偏转形成的模拟信号被释放并转到光探测器，模拟信号逐段数字化并产生每线特定数量的像素，使整个图像在屏幕上显示出来。

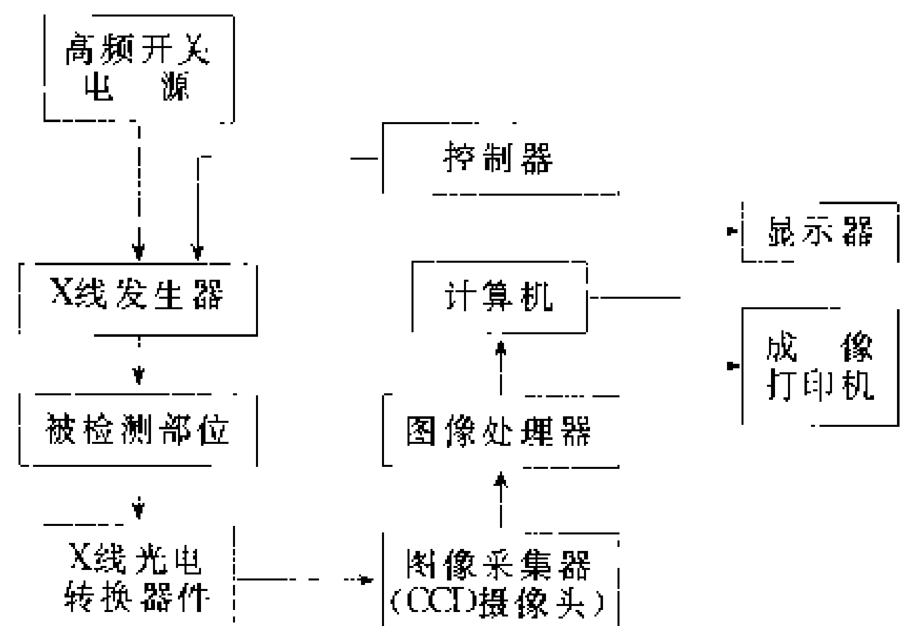


图 16-4-1 数字图像处理系统工作原理示意图

3. 牙科 X 线机

与临床常用的机型相同。但必须是有多个曝光时间的机型。

（二）操作步骤

1. 接通外电源。

2. 打开数字图像系统和牙科 X 线机开关，使电压稳定在所需数值。

3. 将传感器或图像板放入配置的小塑料袋内，然后放入口腔内所需拍摄的部位，选择相应的曝光时间。RVG 的图像直接在监视器上显示；DIGO-

RA 则将图像板放入扫描仪中扫描及显示。

4. 在计算机上设定病人的编号或姓名、性别等所需资料，并及时储存。

5. 根据需要打印屏幕上的图像。

6. 拍摄完毕，关闭机器开关及外电源。

（三）注意事项

1. 每个病人都要更换套在传感器或图像板上的塑料袋，防止交叉感染。

2. 病人图像资料应及时存盘，以防停电或其他原因造成资料遗失。

3. 操作时应轻柔，避免传感器连接线的断裂或损坏。

4. 出现故障时，应及时停机检查或请专业人员维修。

5. 保持机器的清洁和干燥，定期检查。

（四）数字化牙科 X 线机的优缺点

1. 优点

（1）可以立刻获得图像，极大地缩短了病人的就诊时间。

（2）增加摄影条件的宽容度。通过计算机调节图像的亮度和对比度以满足临床工作的需要，扩大诊断范围和能力。

（3）照射剂量的大幅度降低，可达 80% 以上。

（4）完整保存病人的 X 线资料，有利于病情的追踪、总结分析。

（5）计算机网络的建立，使医患之间的交流更方便、快捷。

（6）不需要胶片及冲洗药水，改善和避免环境污染。

2. 缺点

（1）RVG 的传感器较厚，拍摄后牙时不易放在最佳摄影位置，尤其是下颌的水平阻生牙。

（2）线连接方式容易造成线路和传感器损坏。

（3）RVG 的传感器有效面积相对较小。

（4）DIGORA 的图像板较硬，不能弯曲。

（5）DIGORA 的图像成像不能立即显示，必须经扫描器扫描，可能会造成图像信息的损失，另外该系统的空间分辨率和灰度分辨率均较低。

（五）常见故障及其排除方法

数字化牙科 X 线机的常见故障及其排除方法见表 16-4-2。

表 16-4-2　数字化牙科 X 线机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
RVG 开启图标不能点击成功	RVG 板无电源	打开 RVG 板外接电源
	SENSOR 未接入	插好 SENSOR
	RVG 与 CCD 连线未接	连接 RVG 系统
	SENSOR 受光面反向	改变 SENSOR 方向
扫描图像为白色	无 X 线或未设置 RVG 方式	检查 X 线机或重新设置 RVG 方式
	未用 RVG 采集图像	重新操作
	SENSOR 损坏	更换 SENSOR
扫描图像全黑	X 线机未选择 RVG 方式	设置 X 线机为 RVG 方式
	无受检组织	重新放置 SENSOR
	病人晃动	让病人保持固定体位
图像模糊	RVG 未在 X 线机发射时正常采集	重新拍摄
	SENSOR 老化	更换 SENSOR
	X 线球管老化	更换球管
图像不能完全显示	球管未正对 SENSOR	调整球管或 SENSOR 位置
打印机不工作	打印连线损坏	更换打印机连线
	未设置打印机	安装打印机驱动程序

（王　虎）

第二节　口腔曲面体层 X 线机

一、口腔曲面体层 X 线机

口腔曲面体层 X 线机（dental orthopantomographic X-ray unit）主要用于拍摄下颌骨、上下颌牙列、颞下颌关节、上颌窦等，增设有头颅面定位，可作头影测量 X 线摄影，进行定位测量分析，确定治疗方案，观察矫治前后头颅和颌面部形态变化及其疗效。

（一）结构与工作原理

1. 结构　口腔曲面体层 X 线机由机头、电路系统、控制台和机械部分组成。

（1）机头：机头内装有 X 线管、高低压变压器和冷却油。早期的曲面体层机只有一个窗口，90 年代以后的机器有多个窗口。拍摄曲面体层 X 线片时，X 线管窗口前为一个狭窄呈矩形缝隙的金属板即限域板，限制 X 线只能从裂缝处呈近似直线束向外射出，为了获得清晰图像，隙缝应较小，一

般为2mm。在拍摄头颅定位X线片时，X线管窗口前为一个方形的限域板。

（2）电路系统：包括电源电路、控制电路、高压初级电路、灯丝变压器初级电路、高压次级电路及管电流测量电路和曝光量自动控制电路。

（3）机械部分：包括头颅固定架、底盘、立柱、升降系统和头颅定位仪等。头颅固定架由颏托板与头架组成，并连接在立柱上，可上下移动，调节高低位置。颏托板能前后移动和固定，现在的机器多采用咬合板或固定的颏托板。头颅固定采用光标定位。立柱是承受和支持整个机器的主体，固定于墙壁和地面。在立柱上增设一个长的支臂，支臂上设有头颅定位仪，头颅定位仪上有耳塞和眶点指针。

（4）控制台：为电路控制和操作部分，其面板上有电源电压表、时间/电压调节器、程序调节、机器复位和曝光开关键等。

2. 工作原理　根据口腔颌面部下颌骨呈马蹄形的解剖特点，利用体层摄影和狭缝摄影原理设计的固定三轴连续转换曲面体层摄影。

（二）操作与注意事项

1. 拍摄口腔曲面体层X线片　拍摄口腔曲面体层X线片时，首先应将主机上的曲面体层X线片与定位拍片选择钉卡到曲面体层X线片摄影位置上，然后将X线管窗口限域板换成条缝挡板。接通电源，调整电源电压值到所需数值，按下复位键，使机头复位，放好胶片，调整患者头部的位置，摆好体位，调整管电压值或放到自动曝光档。准备完毕后，按下曝光开关，曝光指示灯亮，X线产生，待机器转动到位后，自动切断曝光，曝光指示灯熄灭。按下复位键，机器自动复位。曝光时间一般为16～20秒钟，选择自动曝光档时，X线机可自动调整，使用更为方便。

2. 拍摄头颅定位片　摄头颅定位X线片时，将主机上的曲面体层X线片盒打开，按复位键使机头与头颅定位片位置一致，选择方形窗口。调整高度，将耳塞放到患者外耳道内，眶点指针放到眶下缘最低点或鼻根点，准备完毕后，开始曝光。若采用自动拍摄，需放到"Auto"档，为条件自动选择，只要按下曝光开关，曝光量达到后即自动停止。若用手动档，则需根据患者的情况调整管电压和曝光时间，然后再开始曝光，到所选时间后自动停止曝光。曝光完毕将机器复位。

3. 一般摄片步骤

（1）接通电源，调整电源电压到所需数值或绿色指示灯亮。

（2）选择曲面体层或定位限域档板及选择钉，同时调整患者的体位。

（3）在控制台上调整管电压和曝光时间或选择自动"Auto"档。

（4）曝光完毕，关闭电源。

4. 注意事项

（1）使用时应预热，并有一定间歇时间。

（2）防止碰撞X线管。

（3）患者的手应握住扶手杆，防止夹伤手指。

（三）保养

1. 保持机器表面洁净。

2. 经常检查活动部件，加油或固定等。

3. 安全检查，主要检查接地装置。

4. 保证机器水平位置，使其运行平稳。

5. 保证双耳塞对位良好，发现错位及时调整。

（四）常见故障及其排除方法

口腔曲面X线机的常见故障及其排除方法见表16-4-3。

表16-4-3　口腔曲面X线机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
X线片的对比度不好，曝光不良	电压不稳定 X线管输出X线量不稳定 增感屏效果差	用稳压器稳定电压 检查X线管 更换增感屏
X线片上的放大率不稳，牙齿排列时宽时窄，且有条索出现	电源电压不稳定或机械传动装置不良	安装稳压器，检修电动机、转动滑轮及连接杆等
	胶片夹过厚	更换胶片夹
油泵升降系统失灵或不稳	油泵故障	检修电动机，检查供电电压
	油质不良	更换冷却油
	管道破裂或不畅通	检修管道
	阀门调节不良	调整阀门流量
	电路系统故障	检修电路系统
毫安表无指示，无X线产生	控制电路故障、高压接触器故障	检修控制电路、检修或更换高压接触器
	灯丝电路故障	检查灯丝电路
	高压变压器及X线管故障	检查高压初级电路输出值、检修X线管
曝光时，机头内有异常响声，时有时无X线	机头漏油，有气泡产生 机头内有异物	排气加油，密封漏油部位 清除异物

（王艳清）

二、数字化曲面体层X线机

数字化曲面体层X线机（digtal dental orthopantomography）与普通的曲面体层X机在工作原理上有一定的区别。数字化曲面体层X线机采用无胶片的摄影方式，图像直接在屏幕上显示，无需化学药水冲洗，成像快捷方便，同时扩大诊断范围和提高诊断能力。

（一）结构和特点

1. 传感器　当X线照射时，传感器接收来自X线的信号，通过PC自动储存。拍摄头颅测量片时，可通过插入遥控X线成像装置的专用数字式传感器而获得X线的图像。

2. 计算机系统　根据曲面体层和头颅测量片的不同要求，设定不同的界面，利用鼠标选择界面框实现各种功能。

3. X线机的结构　也包括机头、电路系统、机械部分和控制部分。所不同的是没有片盒夹。

（二）操作步骤

1. 接通外电源和打开机器开关。

2. 调整电源电压到所需数值，根据病人情况选择曝光时间。

3. 调整体位。拍摄曲面体层片时，病人上下前牙咬住定位板或颏部放在颏托板上，光标竖线正对矢状线，横线正对鼻翼-耳屏线。拍摄头颅测量片时，耳塞放入外耳道内，框针放在框下孔处。用头颅固定夹将头固定，然后进行曝光。曝光完毕，将机器电源关闭。

4. 在屏幕上根据需要选择不同的界面框，用鼠标操作。可作图像放大、局部显示、骨密度测定、头颅定位测量等。

5. 把图像储存在计算机内，以便其他相关科室调用。

6. 操作完毕，关闭机器电源和外电源。

（三）数字化曲面体层X线机的优缺点

1. 优点

（1）可立即获得X线图像，提高诊断速度，大大减少病人的就诊时间。

（2）数字化意味着无需X线胶片和暗室冲洗过程，有利于环境保护。

（3）对X线高敏度的传感器可极大降低辐射剂量，比普通的曲面体层X线机的剂量可降低80%以上。

（4）扩大诊断范围，有利于疾病的准确诊断。

（5）数据库和网络的建立，可达到资料共享和远程会诊的目的。资料的保存和查询更方便快捷。

2. 缺点

（1）价格相对昂贵。

（2）界面工作台的设定不一定符合临床实际情况和工作需要，操作时存在一些困难。

（四）数字化曲面体层X线机的保养及注意事项

1. 保持机器的清洁和干燥。

2. 定期检查机器的各个部件。

3. 如发生故障，应及时请维修人员维修。

4. 严格按照操作规程操作，避免违章操作以防损坏机器。

5. 图像资料及时存盘，防止因停电或其他原因导致资料遗失。

（五）常见故障及排除方法

常见故障及排除方法与数字化牙科X线机基本相同。

（王　虎）

第三节　牙科X片洗片机

牙科X片洗片机（denter X-ray film processor）为冲洗牙科X线胶片的专用设备。

X线胶片洗片机主要分为三种类型：一种是冲洗普通X胶片的洗片机；另一种是冲洗牙片专用洗片机；第三种是混合型洗片机，既能冲洗牙片又能冲洗曲面体层片和定位X线胶片；后两种均称牙科X片洗片机，在冲洗牙科X线胶片时，可以加上一个遮光罩在明室内进行。

（一）结构、特点与工作原理

牙科X片洗片机分机械部分和电器部分。机械部分包括齿轮和传动杆等；电器部分包括加热器、电动机和控制系统等。

牙科X片洗片机的特点：

1. 冲洗时间短，一般从冲洗到烘干可在1.5～7.0分钟内完成。

2. 节省人力，并能减少人为因素对胶片冲洗过程的影响，有利于提高胶片质量。

3. 混合型洗片机冲洗25.4×30.5cm（10×12

英寸）以下的胶片可在明室内进行，明室内有暗箱与机器相连。

4. 自动恒温，减少了温度对冲洗胶片的影响，一般恒定在25～35℃范围内。

5. 自动补液，当显、定影槽液面降到一定位置时能自动补充液体。

6. 自动干燥，从输出口送出的胶片均为干燥胶片，多采用风机吹热风干燥。

牙科X片洗片机的工作原理是靠两个传动杆夹着胶片向前运行，经过显影、定影、水洗和干燥四个程序，从输出口获得干燥胶片。

（二）操作步骤与注意事项

1. 上班后接通电源，使药液加温。一般10～15分钟即可达到所需温度，然后机器自动恒温。

2. 打开自来水开关，使水洗部分形成循环水，有利于胶片的保存。在冲洗时机内水源自动打开，不冲洗胶片时自动关闭。

3. 使用前应先将干燥温度、驱动时间、补液时间和药水温度等固定在一定数值上。干燥温度一般固定在中档位置；驱动时间是驱动电动机转动进行的洗片时间，通常固定在4分钟；补液时间选择10～15秒钟即可；显影温度一般为28℃或30℃。

4. 该机分为手动和自动两种类型。使用自动时，在输入口处有光敏接收器，可在放入胶片时自动启动驱动电动机，直至胶片从输出口送出后自动停机；使用手动时，无论是否冲洗胶片，驱动电动机均在转动。无论自动或手动，在驱动电动机启动的同时，水源和烘干系统也开始工作。

5. 冲洗牙片的操作步骤依次为：工作人员在明室内将手伸入遮光罩，在罩内拆去牙片包装，取出牙片，将其放入输入口，传动系统自动启动，输片指示灯亮，胶片在传动杆带动下进入机内。输片指示灯亮，表示此输片通道禁止再输片，待输片指示灯熄灭后，方可再输入胶片。由于牙片大小为3cm×4cm，在输片口同时能输入6张牙片，在边拆牙片包装纸边输胶片的情况下，前后两张胶片则互不影响，第一片道输入后，输第二片道，直至第六片道，如此反复进行。每一张胶片输入时都可以在红玻璃窗外看见胶片是否进入机内，防止前后两张胶片重叠，胶片进入洗片机后经过显影、定影、水洗和干燥四个程序后，从输出口送出，传动系统则自动停止工作。洗片机长时间未冲洗胶片时，洗片机能自动启动工作10秒钟，保证传动杆湿润，有利于冲洗胶片。

6. 注意事项

（1）混合型洗片机冲洗咬颌片或定位片时，同样从输入口输入，但不能重叠进入，应有间歇时间。

（2）定期更换显、定影液，每15天更换1次，使用普通药液或快速药液均可。

（3）保证管道畅通，防止液体溢出，以免损坏电器元件。

（4）更换药液时，不能将定影液溅进显影液，避免产生化学反应。

（三）保养

1. 定期清洁

（1）显、定影槽和水洗槽内的显影液和定影液分别为碱性和酸性溶液，经常有沉淀物生成，需要

表16-4-4 自动洗片机的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
胶片影像发灰，有时出现脱膜现象或胶片影像变浅似感光不足	显影温控器故障，胶片影像发灰是温度过高所致，胶片影像变浅，是温度低所致	检查温控器和加热管或电子温控器元件，如已损坏，应及时更换
胶片影像部分呈黑色或全部黑色	遮光罩漏光	检查遮光罩有无破损，周围黑布有无断裂，及时修理或更换遮光罩
	洗片机上盖漏光	检查上盖有无漏光现象
	干燥部分向内漏光	重新安装挡板
	红玻璃老化	更换红玻璃
显、定影较好，但有药膜脱落	干燥温度过高，传动杆过热，药膜在传动杆上	调整干燥温度，检查控温电阻是否损坏
	药液温度不匀，循环泵失灵	检查循环泵及其线路
胶片未显影或未定影	药液限位杆未安装好，使药液流失	重新安装限位杆
	补液泵及管道故障	检修补液泵及管道
胶片上污物较多且有划痕	显定影槽和水洗槽沉积物较多，胶片传动杆上污物较多；传动杆不光滑	清洁各槽，同时清洁传动杆上的污物，保持传动杆光滑
胶片不运行	供电不足，致驱动电动机不转	检查供电电压，使其达到额定值
	驱动电动机绕组烧坏	修理或更换电动机
	控制部分故障	检查控制部分，更换损坏零件
卡片、重叠、丢失	传动杆变形，输入口粘片，传动杆漏片、干燥温度高	更换传动杆、检修运行通道、调整干燥温度

定期清洁和更换，可用清洗剂清洗或刷子刷洗。

（2）保持传动系统的清洁，可用刷子刷去传动杆上的沉积物，保证传动杆光滑，防止传动杆产生划痕。

（3）机器长时间使用，风机和电阻丝周围容易存积灰尘，应及时清除，以免影响胶片的干燥。

2. 保持管道通畅　洗片机内的液体均为自动补充，如管道不畅，液体溢出，易损坏电器元件，应定期检查，发现问题及时处理。

3. 定期检查接地装置，防止机器漏电。

4. 显影液和定影液均应用蒸馏水配制，以减少其沉积物，更换液体时，应先过滤，防止阻塞补液泵和管道。

（四）常见故障及其排除方法

自动洗片机的常见故障及其排除方法见表16-4-4。

（王艳清）

第四节　颞下颌关节内窥镜

颞下颌关节内窥镜（temporomandibular joint arthroscope）是利用光导纤维及多透镜光路系统成像的装置。该装置可对细小的颞下颌关节上、下腔内关节滑膜、软骨面及关节盘的早期亚临床病变进行观察及记录；利用穿入关节腔内的套管通路，对关节腔内的纤维粘连、絮状物等进行剥离和灌洗，钳取病理标本做活组织检查，吸取滑液作相关分析；并以装在微型手机内的微型电机为动力，对病变的关节腔内各组织面进行刨削、打磨。具有检查直观、创伤小、诊断与治疗共用等特点。

（一）结构与原理

颞下颌关节内窥镜由五个系统组成。

1. 关节内窥镜检查系统　关节镜主要包括硬质金属穿刺套管、传导图像的透镜系统、光导纤维束、卤素冷光源灯、目镜及摄像头等部分。

（1）硬质金属穿刺套管：外套管的直径为2.8mm，配合尖头或钝头穿刺针，是关节镜穿刺进入关节腔内的实际操作直径。外套管的表面刻有刻度，便于穿刺时标记。内套管直径2.3mm，包裹成像系统。

（2）透镜系统：主要的成像元件，由一系列透镜组成。

1）前方直视型：沿透镜组水平长轴0°成像。

2）前方斜视型：沿与透镜组水平长轴成30°成像，术者通过旋转关节镜可以得到前方之外的上下非垂直图像，最大限度地增加了观察视野，是应用较广泛的类型。

3）侧视型：成像与透镜组水平长轴成70°。

（3）光导纤维束：环绕包裹于透镜组周围，是冷光源导入关节腔内的通路。

（4）卤素冷光源：冷光源一般为全自动，配金属卤素灯，最高输出色温5600K，光照度25万lx。光线通过复合连接体，沿光导纤维束导入关节腔内。

（5）目镜：术者由此直接观察操作情况。

（6）摄像头：是内窥镜进入关节腔内摄取影像的端头。

2. 关节内窥镜手术器械　通过穿刺进入关节腔的套管，使用专用手术器械，可以进行关节腔内纤维粘连剥离和灌洗，钳取病理标本，并可用电动微型手机对病变关节组织面进行刨削、打磨。

（1）手动型：如活检钳、兰剪、直剪等。

（2）电动型：以微型手机内的微型电动机为动力，低速0～1800 r/min，高速0～7500 r/min，驱动不同规格、形状的刨刀、打磨钻头，对病变关节组织面进行刨削、打磨。可配有数字显示动力/速度/方向控制系统，称为TPS系统（total performance system，TPS），可以自动探测接驳的手机头类型，并且精确地显示手机头的工作转速、方向等技术指标。TPS系统可以选配专用TPS脚踏开关，脚踏开关的各踏板功能可自行编制程序，并且其工作状态亦可显示在监视器上。

3. 摄录像系统及监视器　目前的医用摄录像系统水平分辨率可达470线，在10～500 lx照明条件下均可有效工作，其控制系统并可自动对白、颜色调节。专业监视器可将操作和观察结果实时显示，并可通过录像机记录。

4. 图像打印机　将选定的观察结果以图像的形式输出。

工作原理图（16-4-2）。

（二）操作常规

1. 穿刺前准备　包括手术体位、局部麻醉、关节腔穿刺及扩张，扩张关节囊，使套管穿刺时容易进入并减少损伤和防止出血。

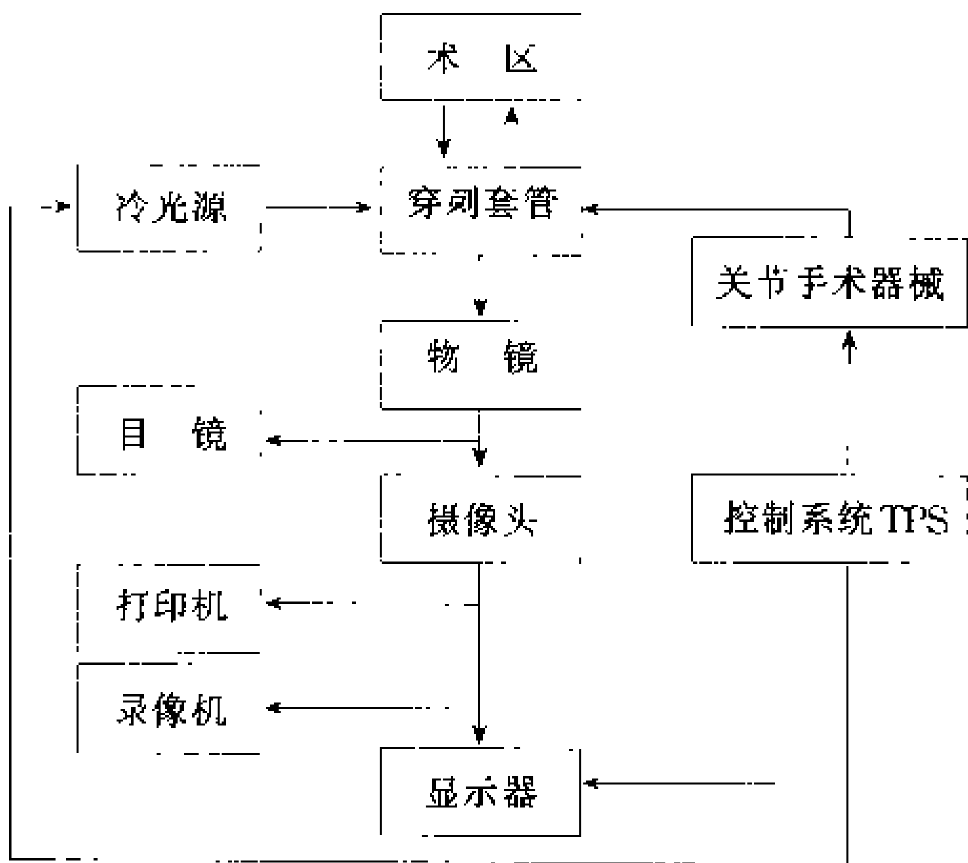


图 16-4-2 颞下颌关节内窥镜工作原理示意图

2. 关节腔穿刺 选择穿刺点，将尖头穿刺针插入套管后，按关节上、下腔选择相应穿刺方向，穿入关节腔内后，换钝头穿刺针，将外套管进入适当深度。

3. 接通液体灌流回路 以玻璃接管连接输液管及接在关节镜外套管侧方管开口处并连接三通开关及注射器，加压灌洗。灌入液体由穿刺进入关节腔的注射针头流出。

4. 置入关节镜进行检查、记录 取出钝头穿刺针，置入关节镜。关节镜末端与冷光源连接，可以直接观察。与专用摄像头连接后图像可输出至监视器并可用录像机记录，根据需要还可由图像打印机打出图像。

5. 检查后处理 检查完毕，抽出关节镜，从外套管尽量抽吸出关节腔内的剩余灌洗液，注入醋酸氢化可的松 0.5ml。拔出回流针头及外套管，局部加压数分钟或可根据情况细线缝合一针后加盖敷料。

（三）保养

1. 手术器械使用前、后的消毒可采用消毒液浸泡法或气体熏蒸消毒。

2. 使用时注意各组设备之间正确连接，关节镜镜头不应在套管外接触其他物体，使用后及时放入设备盘内。

3. 手术器械及关节镜用后清洗，放入消毒装置内。

4. 定期全面检查，及时消除隐患，保证机器正常工作。

（四）常见故障及排除方法

颞下颌关节内窥镜的常见故障及排除方法见表 16-4-5。

表 16-4-5 颞下颌关节内窥镜的常见故障及排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
无图像	电源不通	接通电源
	监视器故障	修理或更换
	摄录像系统故障	修理或更换
	接头及传输线缆接触不良或损坏	更换
图像模糊	白平衡开关未调好	按白平衡键直至灯不闪（对白色物体距 0.5cm 调节）
	关节镜与摄录像系统连接处起雾	除雾

（胡 静 陈 刚）

第五节 口腔内摄像系统

口腔内摄像系统（intraoral camera system），又称口腔内窥镜，是用于口腔科的视频影像系统。兴起于 80 年代中期。该系统可通过逼真地影像显示口腔内牙体、牙周及粘膜组织的病变和治疗情况，并可储存和打印。多数类型可与 X 线数字图像系统配套使用，将可见光表面图像与 X 线图像同时在荧光屏上显示。主要用于医患之间的交流与沟通，进行口腔卫生宣传教育，以及临床教学与科研等。

（一）结构与工作原理

1. 结构 口腔内摄像系统按图像显示原理可分为两类，一是通过视频显示设备如电视机监视器等直接显示图像（模拟系统）；二是通过电脑获取、处理及电脑显示器显示图像（数字系统）。

口腔内摄像系统一般由以下部分组成：

（1）装有摄像头的手柄，手柄上装有光导纤维或白色发光二极管做为照明光源。摄像镜头为定焦镜头或可变焦镜头，能作 90°旋转，并可放大 10～40 倍。

（2）影像接收装置：由物镜、二维 CCD 光电耦合器组成。将通过物镜形成的影像变成电信号，经直连电缆传至主机。

（3）图像显示与记录系统：由彩色监视器、电脑处理系统组成。可由电视机直接显示由摄像头发来的影像，采用录像机记录，彩色打印机打印成图

片；或通过模拟转换成数字影像，交由计算机存贮、显示、打印输出。

2. 工作原理　口腔内摄像系统的工作原理如图 16-4-3 所示。

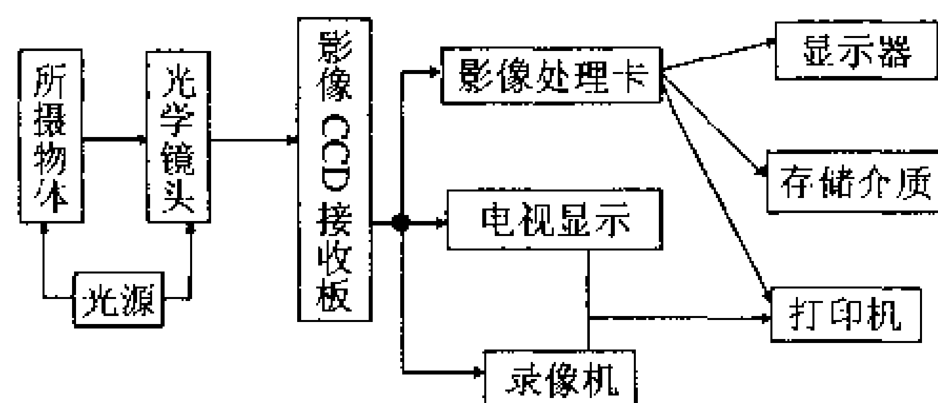


图 16-4-3　口腔内摄像系统工作原理示意图

由于口腔内特定的环境，口腔内窥镜必须带光源。内窥镜的光源将被照射物体照亮，被照射物体的反射光线通过摄像头的光学透镜成像到光电耦合器。采用模拟信息方式的口腔内窥镜，通过摄像头摄取的 RGB 视频信号直接传输给电视机显像，或直接传输给其他可接收视频信号的设备，如打印机、录像机等。此种口腔内窥镜由于使用 RGB 视频信号，图像质量、图像分辨率等均受到一定限制，而且所摄取的图像无法数字处理及网络传输，但整个系统造价相对较低。采用数字信号方式的口腔内窥镜，可将影像变成数字信号，供计算机及网络使用。此种口腔内窥镜由于采用了数字信号方式，可获得清晰度很高、层次感好的数字视频图像。而且，由于使用了计算机技术，可对影像进行各种处理、分析、储存、再加工，并能随时调用。结合计算机网络技术，尚可对影像进行远距离传输等，实现远程会诊、资源共享。由于口腔综合治疗台逐渐引入了先进的多媒体显示技术，此种类型的口腔内窥镜越来越多地被医生选用。

（二）操作

口腔内窥镜在临床使用中操作比较简单，开启设备后即可使用。

（1）摄像机采用握持高速手机的方式，选择一有利的支撑点，以便减少抖动，使影像更清晰。

（2）脚踏板控制图像的选择和存贮。值得注意的是，口腔内窥镜的消毒防护目前有两种方式：一是使用一次性塑料防护套；二是使用可反复消毒的防护罩，即在摄像头手柄上装备可拆卸的钛合金护套，护套的摄像头区有高清晰度玻璃，可经高压蒸气消毒。

（三）维护保养

（1）由于口腔内窥镜使用较多高清晰度的玻璃等易磨易碎元件，使用中应避免磕碰，尤其应注意防止患者用牙齿咬。

（2）有些口腔内窥镜使用光纤传导图像，应防止折叠光缆。

（3）口腔内窥镜使用的是自带光源照明，应尽量避免连续长时间使用，以延长光源的寿命。

（四）常见故障及其排除方法

口腔内窥镜的常出故障及其排除方法见表 16-4-6。

表 16-4-6　口腔内窥镜的常见故障及其排除方法

故障现象	可能原因	排除方法
无图像	电源不通	接通电源
	摄像系统故障	修理或更换摄像系统
	监视器或电脑故障	修理或更换监视器或电脑
	接头或传输线缆接触不良或损坏	修理或更换接头或传输线缆
	照明系统损坏	修理或更换照明系统
图像模糊	操作焦距未调好	调好焦距
	口腔内雾气影响	更换为质量好的摄像头或安装处理雾气装置
不能打印图像	打印机故障	修理或更换打印机
	连接电缆接触不良或损坏	修理或更换连接电缆

（范　旭）

第五章　口腔设备管理

口腔设备是从事医疗、教学、科研等工作的物质基础，是保证口腔医学事业发展的基本条件。近年来，口腔设备管理工作的地位和作用越来越为人们所重视，不断地总结、探索及研究管理的理论和方法。加强口腔设备的科学管理，对于促进和加强口腔医学事业的发展，具有十分重要的现实意义。

第一节　口腔设备管理的意义、任务和内容

（一）口腔设备管理的意义

1．加强口腔设备管理是促进口腔医学事业发展的物质基础和技术条件。口腔医学的实践性很强，它不仅依赖于口腔医生的知识、经验、思维判断、技术操作的熟练程度和技巧，在很大程度上也依赖仪器设备。20世纪以来，随着科学技术的发展，各种先进的自然科学成果，如电子技术、光学纤维技术、超声技术、激光技术、电子计算机软硬件技术等在口腔医学领域的应用，先进的口腔医疗设备不断投入临床、促进了口腔医学的发展。由于口腔设备在口腔医学中具有重要的地位和作用，所以，必须加强设备管理。

2．加强口腔设备管理是提高口腔医院社会效益和经济效益的重要途径。口腔设备属于生产资料的范畴，其价值一方面体现在保证医疗、教学、科研需要而产生的社会效益，另一方面体现在使用过程中的经济效益。因此，加强设备管理，合理布局，不断提高使用率和完好率，是提高口腔医学院社会效益和经济效益的重要途径。

3．加强口腔设备管理，是实现医院现代化管理的重要标志。口腔医院是一个系统，设备管理是其中的一个分系统，也是医院管理的一个重要组成部分。现代化口腔设备的特点是种类繁多，精密度高，价格昂贵，使用维修复杂，更新周期短，安装和工作环境要求高。当前，各口腔医院或口腔科已拥有大量的口腔设备，但在不同程度上存在着陈旧或不配套，现代化程度较低，管理制度不完善等问题。要使医院系统实现现代化管理，采用行政管理、技术、经济等各项手段，通过组织、规划、控制、指导及协调五个功能，充分发挥人、物、设备、财、任务及信息六个要素的作用，使设备管理系统处于良好的运行状态。因此，正确的选择和使用口腔医学技术装备、实行科学管理，则是医院现代化建设的一个不可分割的重要内容，也是衡量口腔医院现代化管理的重要标志。

（二）口腔设备管理的任务

口腔设备管理的任务是以保证医疗、教学、科研工作正常进行为宗旨，提供技术装备，加速周转，降低费用，提高设备流通的经济效益和社会效益。其具体任务，主要有以下几个方面。

1．建立管理机构。进行合理分工、组织协调控制。不断总结管理经验，运用现代管理技术和方法，提高口腔设备管理的科学性。

2．积极开展市场调研，掌握设备供求信息，根据经济、实用的原则，正确的选购设备，为口腔医院提供必需和性能优良的技术装备，以满足医疗、教学、科研工作的需要。

3．完善管理机制，建立健全规章制度，并督促检查各项规章制度的实施，做到设备的数量准确，账目清楚，账账相符，供应及时，管理严格。

4．在保证供应的基础上，力求最大程度地发挥设备的经济效益和社会效益，避免闲置、积压和浪费，千方百计提高设备的利用率。

5．做好设备的维修，保养和零配件的补充，保证设备始终处于最佳技术状态，努力提高完好率。

6．研究探讨仪器设备的经济管理办法，做好经济管理工作。

（三）口腔设备管理的内容

口腔设备管理的内容包括设备运动全过程的管理。

在设备运动的全过程中，存在着两种运动形态，一是设备的物质运动形态，包括设备的选购、验收、安装、调试、使用、保养、维修、改造及报废等。二是设备

的价值运动状态，包括设备的资金筹集、经费预算、财务管理、成本分析及经济核算等。因此，口腔设备管理是物质运动形态和价值运动形态的结合。既是经济工作，又是技术工作，是技术和经济相结合的工作，其管理内容既包括自然科学领域，又包括社会科学领域，既是临界于技术与经济之间的技术科学，又临界于经济与技术之间的经济科学。现在国际上已开始把设备管理学作为一门新兴的边缘学科，在英国称之为"设备综合工程学"，该学科是一门以设备"一生"为研究对象，以提高设备效率，使其寿命周期费用最经济为目的的综合性科学。

(四) 口腔设备管理的机构与系统

建立组织机构是实现管理目标的组织保证。国外医院对设备的管理也有一些理论性的探讨。例如加拿大温哥华的皇家哥伦比亚医院提出，医疗设备管理结构是一个有组织的协作体。呈三角形结构。这三个部分有机的结合起来，才能充分发挥其有效的作用（图 16-5-1）。



图 16-5-1　医学设备管理三角形结构

口腔医院（医学院）设备管理机构应按设备运动的全过程，抓住装备管理、使用管理和维修管理三个环节，依靠医护人员、工程技术人员和行政管理人员通力协作，并由医院领导做好指导和协调工作，这样构成口腔设备管理的系统。

鉴于设备是进行医疗"生产"与服务的工具，又具有商品的价值。有的医院建立了"仪器设备服务中心"，一方面为口腔医院（医学院）教学、医疗、科研服务，也可以对外进行经营服务。这个中心可采取企业管理形式。中心的任务是：负责医院（医学院）设备的装备、应用和维修管理；研制和开发新的设备；对外经营和维修服务；培训维修人员，承担教学任务等。

第二节　口腔设备的装备管理

一、口腔设备的装备原则

在考虑口腔设备的装备时，应遵循两个原则，即经济、实用的原则。

(一) 经济的原则

按客观经济规律的要求，结合口腔医学技术装备的特点和口腔业务技术活动的规律，对口腔装备全过程中的经济活动进行计划、组织、调节和评价，力求以尽可能少的技术装备和最低的周期成本，取得最大的使用效益。即讲求投资的经济效益。

1. 装备的经济观点

(1) 克服设备的重复购置、各自为政及分散闲置等倾向，充分提高设备的利用率。

(2) 立足于国内产品。凡国产技术装备的质量性能符合要求的，应首先考虑购置国内产品，这样既可节省资金和外汇，又有利于我国医疗器械工业的发展，且利于维修。

(3) 引进国外新的技术装备，应避免盲目引进国外淘汰或过时的产品。

(4) 励行节约。对已有的设备，应尽量发挥效益，加强使用及维修管理，延长设备的寿命。

2. 运用经济手段，加强对口腔设备的管理，在不影响技术装备功能的原则下，减少技术装备的周期投资总额，其中包括初始投资、经常维修费和影响投资费的其他因素。

(1) 初始投资：是影响投资费的重要因素。可采用核算招标方法，对厂（商）家的信誉度、长期合作性及产品的先进性、可靠性、经济性、节能性、维修性等进行充分地科学论证，在保证使用功能的前提下，考虑价格的高低，力求降低装备的初始投资。

(2) 使用寿命：在价格和性能同等情况下，选择使用寿命周期长和无故障期长的设备，则可延长更新周期，减少继续投入。

(3) 能源消耗：能源消耗越大，年耗费用越多，尽可能选择能源消耗费少的技术装备。

(4) 维修性能：选择易于维修和维修费用少的设备，以节约日常费用支出。但是装备越复杂、越精密，维修费用就越大，还要求相应的维修专业知识和技能。因此，应要求厂家提供有关技术性能的可靠性资料、维修手册、零配件供应周期以及是否能用国产配件代替等资料。

3. 提高技术装备的利用效果，包括中心化管理，有偿占有制；协作共用制；股份制和基金制；

补偿使用制及租赁制等。

（二）实用的原则

结合本单位的规模、任务、条件和发展方向，设立不同的技术装备标准。本着口腔医学全面发展和重点提高的精神，从需要与可能出发，按轻重缓急，统筹规划，逐步充实配套，分期分批地更新装备。

1. 优先考虑基本设备，即常规装备，如简易牙科综合治疗台、牙科椅、涡轮机及牙科X线机等；其次考虑高、精、尖的设备，如带电脑控制的牙科综合治疗台、高频离心铸造机及烤瓷炉，铸钛机及计算机修复系统等。

2. 引进设备以提高技术精度和先进技术的关键设备为主，以提高医疗、教学和科研水平。

3. 在装备的功能选择上，应讲究实用，不必急于引进多功能的大型设备。因多功能的大型设备价格昂贵，保养维修难度较大，且不易充分发挥其全部功能。

4. 合理考虑装备布局，对一些有优势的重点科室，应优先装备专科设备和发展性设备。

二、口腔设备的选择与评价

（一）口腔设备的选择

口腔设备的选择是口腔设备管理的第一环节，它对于新建医院的基本装备和原有设备的更新都十分重要。如把握不好，将会造成设备积压和资金浪费，不仅影响了口腔医疗、教学和科研工作，也对国家和医院造成极大的经济损失。

选择设备的因素：

1. 依据　以医院的事业发展规划和财务预算为依据。而这个预算又应以本单位一个时期的规划、当年事业发展计划和财务预算保持一致。

2. 需求评价　应考虑设备购置的合理性和迫切性。首先考虑医疗、教学和科研工作是否确实必需。对大型贵重的设备如CT等的购置，应有相应法规。可用服务目标法，即：

$$R=\frac{VP}{QA}$$

式中，R表示某项技术装备，V表示该项技术装备每人每年定量的服务标准，P表示医院服务范围的人口数，Q表示每台技术装备的最大工作能力。A表示每台技术装备的使用率。

3. 可能性　主要指资金来源，引进设备所需资金及外汇额度是否落实。我国口腔医疗单位购置医疗设备的资金主要来源于国家财政拨款、医院收支节余的事业发展基金及科研课题基金等，也可采取租赁、贷款或分期付款等方式筹集资金。在落实资金时，应考虑设备的总费用，除购置费外，还有维持费和有关费用，如试剂和材料费等。

4. 条件　指设备的安装、使用、保养和维修的技术力量，装备空间或场地，以及水源和电源供应等。

5. 技术评价　指该设备的成本效益、性能、可靠性及其临床使用功能、特点、自动化程度、准确性、精密度等一系列技术参数。还要考虑其精密度和准确度的保持性及零配件的耐用性等。

6. 选型　应在充分调查了解信息的基础上进行，做到货比三家，价比三家。选型中应考虑的因素：

（1）首先考虑国内是否生产，质量如何。

（2）如要引进国外设备，应比较各厂家同类产品，包括产地、厂家、型号、技术参数及价格等，然后再权衡其性能质量与价格。选择性价比优的设备。但要防止引进国外将要和已经淘汰的设备。

（3）引进装备时，要考虑厂家或商行的售后服务、化学试剂、材料及零配件的供应。现在我国有不少国外口腔设备的代理厂家、商行或办事处，为选型提供了有利条件，最好选择厂家直接销售公司，可减少代理商行所增加的费用，维修亦较方便。

（4）选型时应注意主机及标准附件是否完整，防止外商将标准附件列入选购附件；选订的附件应是易损或必需的附件，以免造成浪费。

7. 易修性　又称可修性。维修性能好的设备一般是指其结构简单，零部件组合合理。应选购易于维修，且维修费用少的设备。

8. 发展趋势　根据口腔医学近期发展的趋势，选择先进的适合近期技术发展需要的设备。

大型精密贵重的设备应作专题论证。写出论证报告，组织同行专家评议。

（二）口腔设备的评价

口腔设备的评价主要指选购设备在应用阶段的社会效益和经济效益评价。在选购阶段，可以从两方面作出评价：

1. 社会效益评价 设备购回后是否能充分发挥其功能，是否合理，是否有助于“技术精度”和专业医疗水平的提高，是否有利于学科发展、学术水平和教学质量的提高。

2. 经济效益评价 可采用设备投资回收期评价，其计算方法如下：

$$设备投资回收期(年)=\frac{设备投资总额}{每年工作日数\times每日工作次数\times每次收费}$$

从式中可见，回收期越短，投资的效果越好。由于科学技术的发展，设备更新的速度加快，对设备的回收期也应相应缩短。

第三节 口腔设备的应用管理

口腔设备的应用管理是指口腔设备从验收、安装、调试、使用、维护、发挥效益、降级和报废等全过程的管理。它直接关系到医疗、教学、科研工作的质量和水平，直接影响着口腔设备的效益发挥，是设备管理中最重要的环节。

一、应用管理的目的和内容

（一）应用管理的目的

应用管理的目的是研究和探讨口腔设备在使用过程中的运行规律，制定合理的规章制度和有效的管理方式，使其最大限度地发挥其社会效益和经济效益。

应用管理水平的高低，可以用价值工程来衡量，可用下式表示：

$$价值=\frac{功能发挥水平}{投资费用}$$

功能发挥水平指设备的使用机时数，有效使用率以及技术功能利用和发挥情况等。投资费用指设备的购置费、安装费、配套费、运行费和维修费等费用的总和。

由此可见，设备产生的价值是随着其功能发挥水平的提高和费用的减少而增大。反之，产生的价值就减少。口腔设备应用管理就是要探索产生最大应用价值时的管理方法。

（二）应用管理的内容

按其管理性质可分为四大类

1. 基础性管理 包括财务管理账目技术档案和各项制度。

2. 技术性管理 包括使用操作、保养与维修、技术指标检测、改造与开发等。

3. 经济性管理 包括成本核算，效益分析等。

4. 综合性管理 包括设备集中共管共用、人员及技术条件以及信息管理等。

二、口腔设备应用管理的原则

（一）完好性原则

1. 口腔设备完好性的定义和内容 口腔设备的完好性指设备保持正常运转和具备完好性能所必须的基本条件。它包含设备本身的质量和技术质量两部分内容，设备质量指设备主机和配件及其技术资料的完整性，在整个运行过程中受到完善的保管和维护，使其不发生损坏。技术质量指设备的各项技术指标如精度、准确度、分辨率及耐用性等能达到出厂时规定的范围，以满足医疗、教学和科研的要求。完好性原则是应用管理的基本要求，也是衡量应用管理水平的标准之一。

2. 实现完好性的途径

(1) 具备开展正常工作的条件。按照设备的性能、精密程度及特殊要求，选择适当的场所，保证电源、水源、气源等。鉴于口腔专业设备的特点，尤其要保证水质以防堵塞手机。有的精密设备应有恒温、恒湿、防尘、防震和通风等设施，以保证设备连续运转。

(2) 具有操作和维护技术力量，以保证设备的正常和合理操作，加强保养，及时排除故障，恢复其技术性能。

(3) 制订实现完好性的管理制度和办法。针对不同种类、规格以及高、精、尖程度，制定统一的和特殊的管理制度如操作常规、使用登记和职责范围，做到有章可循，有责可查。

(4) 提供合理的运转费，保证易损件、零配件、消耗试剂或材料的供应。

3. 考察设备完好性的指标 衡量设备完好性一般用完好率表示，完好率指完好的设备占设备总数的比率，单台设备则指其年故障机时数与额定年工作时数的比率，亦称年完好率。

$$仪器设备总完好率=\frac{达到完好指标的设备总数}{仪器设备总台数}\times100\%$$

$$单台仪器设备完好率=(1-\frac{年故障机时数}{额定工作时数})\times100\%$$

全年额定工作时数应按仪器设备的种类和工作性质分类核定，按95年卫生部直属单位仪器管理

制度中规定。诊疗类设备为1000～2500小时，实验类仪器为500～1500小时。完好率通常要求在95%以上。设备的完好率越高，说明管理水平越高。

4. 考虑设备完好性的内容，一般包括以下几个方面：

（1）性能良好，运转正常。

（2）原购及增购的附件齐全，能投入正常使用。

（3）设备本身无漏气、漏液、漏电、发霉、积尘等现象，腐蚀和磨损程度不超过规定的技术标准。

（4）技术资料包括说明书、图纸、线路图、维修手册等完整。

（5）有使用记录，可检查使用情况。

（6）有严格的操作规程，落实专人管理及岗位责任制。

（二）效益性原则

口腔设备使用效益指在使用过程中所产生的经济效益和社会效益。设备的使用就意味着效益，效益大小则决定于使用状态。评价效益的指标，一般采用以下几个方面。

1. 使用率　设备的使用率指在仪器设备实际工作机时数与额定工作机时数的比率。

使用率可按年或月计算，亦可按一台设备考核，或按设备平均使用率。

以下式表示：

$$一台设备的使用率（m）=\frac{实际工作机时}{额定工作机时}\times 100\%$$

$$平均使用率=\frac{m_1+m_2+m_3+\cdots\cdots m_n}{n}$$

式中，m_1，m_2，$m_3\cdots\cdots m_n$ 表示每台设备的使用率，n表示单位仪器设备的总数。

用价值工程的观点分析设备使用效益，除使用率外，还应考虑费用消耗情况，消耗费用一般包括水费、电费、气费、消耗材料费、维修费、人工费和管理费等。

如果使用率增高，消耗费用不增，或有所降低，则效益增加，若在使用率增高的同时，消耗费用相应增加或明显加大，使用效益则无明显增加，甚至减少。

2. 总效能　总效能评价法可采用下式计算，即

$$W=\frac{H}{Q}\times S$$

式中，W表示设备的总效能，H表示运行设备的台数，Q表示设备的总台数，S表示设备的平均使用率。

由此可见，要提高设备的总效能，在设备总台数Q值固定的情况下，只有增加运行设备的台数H值或提高设备的平均使用率。如果H值与Q值相等时，即设备全部投入使用，则W＝S，说明提高使用率是增加效能的关键。

单台设备效能亦可用上式计算。此时，Q代表单台设备的功能数，H代表单台设备投入使用的功能数，S代表单台设备的使用率。

3. 社会效益参考指标　医疗诊治及检验仪器设备的社会效益，主要反映在检验和治疗的病例数。

（1）单台仪器设备每年诊治的病例数：

$$K_{单}=m\times 22天\times 12月$$

式中，$K_{单}$ 表示单台设备每年诊治的病例数，m表示每台设备每天诊治的病例数。

（2）单位设备总台数每年诊治病例的总数：

$$K_{总}=K_1+K_2+K_3+\cdots\cdots+K_n$$

（3）平均每台设备的每年诊治病例数：

$$K_Q=\frac{K_1+K_2+K_3+\cdots+K_n}{n}$$

式中，K_1、K_2、$K_3\cdots\cdots K_n$ 为单台设备每年诊治的病例数，n为单位的医疗设备总数。

教学仪器设备主要用于培养人才，评价其效益的参考指标为：每年进行的实验次数；每年接受实验的学生总人次；每年学生做出的课题数等。

科研仪器设备的效益用完成的科研课题数为评价的参考指标，包括每年在国际或国内杂志上发表的科研论文数、内部交流的科研论文数，获各级奖励的科研成果及论文数，科研成果转化为商品的项目数。

（三）经济管理原则

1. 经济管理的意义　社会主义经济是有计划的商品经济。口腔设备是产品，也是商品，而商品是有价值的，其购置和使用必须采用经济核算制。对口腔设备进行经济管理的目的是为了提高设备的经济效益，缩短设备投资回收期。

2. 经济管理的内容

（1）加强装备的计划管理，根据经济、实用原则，合理编制装备计划，使有限资金用到最需要的地方。

（2）合理分配技术装备投资：口腔医院技术装备资金主要来源于卫生事业费项目拨款、教育事业费、科学研究费、医院基金以及贷款和各类捐款。随着医疗卫生体制改革，卫生事业费拨款额将逐年减少，而医院自筹资金比例逐渐增大，因此，应合理的安排投资，首先是考虑基本设备更新，其次应考虑按年度规划的发展项目和重点学科发展需要的技术装备。

（3）运用经济观点和经济手段加强对设备的管理。

1）减少设备投资总额。

2）提高设备利用效果：如实行设备中心化管理，有偿占用制、协作共用制、股份制、租赁制等。

3）提高设备的使用寿命：包括规章制度建设和做好保养维修工作。

4）加强设备的财务和审计管理，实行经济核算和成本核算，核算内容：包括①设备购置费（含运费）；②安装费（含安装条件的准备及技术上实际付出的金额）；③消耗材料等、零配件补充费；④维修费；⑤折旧费和更新费；⑥技术培训费（含操作及管理人员培训费）；⑦其他，如运杂费、动力费、差旅费和管理费等。如全成本核算还应包括房屋占用费，人员工资等。

3. 经济管理的方法　经济管理方法主要以经济观点为指导，以经济核算为手段，在设备使用过程中所采取的经济措施。重点介绍两种：

（1）设备折旧制：折旧制是以设备的购入价、使用年限和核定机时数来计算实际使用时间内设备所提供的基本价值，对提供价值的计算叫折旧费，可按年或小时计算。

折旧年限是指设备从购入使用至报废或更新的年数。1998年财政部和卫生部制定的“医院财务制度”中明确规定医用设备折旧年限：

医用电子仪器、激光仪器设备、医用高频仪器、医用化验仪器、生化分析仪器以及手术急救设备等为5年。口腔设备、光学仪器及窥镜、医用X线设备为6年。

折旧费计算方法，有直线折旧法和年限总和折旧法两种。常用直线折旧法，亦叫平均折旧法：

$$Z=\frac{V_0}{NT}$$

式中：Z为每小时折旧费（元/小时）

V_0为设备购入总额（元）

T为设备额定年工作机时数（小时）

N为设备折旧年限

当T=1时，则Z表示年折旧费（元/年）

（2）设备的成本核算：随着社会主义市场经济的建立，医疗服务价格正在逐步摆脱计划经济的影响，走上按成本收费的轨道。如何进行设备的成本核算和医疗服务项目的成本核算，1995年卫生部组织了医院诊断治疗仪器成本核算课题组，经过调查研究制定了医疗设备成本核算方法，其目的是制定合理的按成本核算的收费标准。

某设备标准成本＝直接成本＋间接成本

直接成本＝主机折旧费＋辅助设备折旧额＋房屋折旧费＋其它资产折旧费＋劳务费＋主机维修费＋房屋维修费＋其它维修费＋水电费。

间接成本＝管理费用分摊＋行政管理部门使用设备、房屋和其它资产折旧额分摊

房屋折旧＝主机用房面积×每平方米造价×折旧率＋辅助用房面积×每平方米造价×折旧率

主机折旧＝主机购置价×折旧率

辅助设备折旧＝专用辅助设备购置价×折旧率＋(共用辅助设备购置价×占用百分比)×折旧率

其它固定资产折旧＝（家俱总值＋被服总值）×折旧率

三、口腔设备应用管理的基础方法

（一）管理卡

管理卡是设备应用管理的主要形式，具有灵活、方便、便于分类和高速的特点，设备出库时填齐管理卡上的有关项目，并由管理者和使用者签名。每台仪器的管理卡一般有3张，按红、蓝、绿三种颜色印刷，分为总卡亦称分类卡、分户卡和随物卡。总卡和分户卡由设备会计和设备管理人员使用保存，是进行各种核算和统计汇总的依据，随物卡由使用设备的部门保存。

（二）管理账

管理账包括设备名称、型号、生产厂、价格、入库时间、财产编号、使用单位及保管人员等。可分总账和分户账，作为设备清查和核对的依据。财产编号应按卫生部统一编码，实现微机管理。

（三）技术档案

技术档案包括设备购入时的原始资料以及在使用过程中对有关情况的记录备案资料。5万元以上贵重精密仪器必须建立技术档案。

技术档案内容：

1. 设备筹购资料：包括申购论证材料、订货卡片、订货征询单、合同、运单、发票复印件及保险、商检、许可证、免税单、验收、安装调试、索赔资料及往来信函等。

2. 仪器设备资料：产品样本、使用手册、维修手册、线路图及其他有关原始资料等。

3. 使用管理资料：维修保养制度，操作规程，使用维修记录，应用质量检测记录，计量检测记录，停机故障记录，检查评比记录，调剂报废记录等。

（四）管理制度

卫生部、财政部1987年2月颁布的《卫生事业单位固定资产管理办法》以及1995年卫生部直属单位仪器设备管理制度是设备管理的基本制度，其主要包括：

1. 计划编制与审批制度；
2. 采购、验收及仓库管理制度；
3. 设备技术档案制度；
4. 设备性能精确度鉴定制度；
5. 设备仪器使用操作规程；
6. 设备维护、保养、维修制度；
7. 技术安全制度；
8. 事故处理制度；
9. 设备的领用、赔偿、报废制度；
10. 设备操作及维修人员考核制度等。

各医院在此《办法》的基础上，根据具体情况，制定实施细则。

（五）口腔设备的计算机管理

随着科学技术的进步和医院现代化管理的需求，电子计算机在口腔医院管理中正在发挥着全面作用，已成为管理现代化的重要标志。电子计算机在口腔设备管理中的应用，将改变常规的经验性的管理方法和管理制度，促进管理工作程序化和管理事务的规范化，数据的标准化和信息完整化和账目格式的统一化，大大提高工作效率和质量，同时促进设备管理人员的业务技术素质的提高。

1. 建立数据库　设备部门配备微机，按有关部门统一制定的专用仪器设备目录与代码软件，将医院设备的信息，包括编码、类别、品名、国别、规格型号、数量、单价、金额、购入日期、使用单位、用途变更记录等输入计算机储存，建立医院设备数据库。

2. 建立网络系统　在数据库的基础上，可编制设备清单，代替设备总账和分类账；根据需要分别提供各种数据服务：如编制月报、年报表，进行统计与智能管理，分别作出年代、分类、质量、国别、用途、价值等的百分图；进行设备装备规划和更新预测；监测设备运动的两种形态，进行成本核算和完好率、使用率、功能利用率等效能分析，提供决策依据。

3. 数据的维护　根据设备的异动情况，不断进行数据库的调整和充实。

第四节　口腔设备的维修管理

一、口腔设备维修的意义和维修组织

（一）口腔设备维修的意义

设备在运行过程中由于受机器磨损、负荷、压力、腐蚀介质、自然侵蚀和磨损等因素的影响，强度和精确度降低使个别零部件或整体改变形状，如零部件松动、元件老化、接触不良、控制失灵等，造成设备丧失规定的功能。为保持和恢复设备的性能，延长使用期限而进行的维护保养、检查和修理等措施统称维修，它是设备使用过程中保障设备正常运转的非常重要的管理。

口腔医院工作的特点是以患者为主要服务对象，以口腔医学技术为主要手段。如果医疗设备发生故障而停止使用，将直接影响医疗工作的开展。为了保证医疗、教学、科研工作的正常进行，必须以最快的速度和最高的质量，排除设备的故障，恢复其正常运转。

（二）口腔医（学）院设备维修组织

口腔医（学）院设备本身具有特殊性和复杂性，它的修理工作不能委托某一个工厂进行。同时，它还具有迫切的时间性，要求及时维修。因此，口腔医疗单位不论其规模大小，均需有计划地培养和配备具有专门知识和实践经验的维修人员，建立一个专职的设备维修组织，隶属于设备管理部门。

设备维修组织可按维修工作性质，下设四个专业组：

1. 机电设备组　维修牙科综合治疗台、电机、牙钻机、牙科椅、部分技工设备及手术室设备等。

2. 电子仪器组　维修医用电子仪器设备，如各种检验仪器、超声诊断设备、部分电脑控制的技工设备及手术室设备等。

3. 光学仪器组　维修光固化灯、颞颌关节内窥镜、显微镜、激光设备及鼻咽纤维镜等。

4. 放射设备组　维修各种放射诊断设备。

除分组外，分工也是必不可少的。一般实行包干制，必要时协作。其分工方式有三种：

1. 按工种分类包干，如手机组、牙科综合治疗台和牙科椅组、技工设备组、放射设备组、手术室设备组、实验室设备组等，适用于人机比例高和维修人员技术水平较强的单位。

2. 按病区或科室分片包干　维修人员分片负责各病区或科室的设备维修工作，适用于人机比例低或维修人员不足的情况。但要求维修人员的技术比较全面。

3. 按工种分工与按病区或科室分片包干相结合，使每个病区或科室的每台设备都有维修人员负责。

国外不少医学院，几乎都设有“生物医学工程部”。随着医院现代化进程的发展，我国的一些医院亦逐步成立了“生物医学工程部”或“仪器设备服务中心”。

二、口腔设备维修的任务和内容

口腔设备的维修，包括维护和修理两方面。

（一）设备的维护保养

1. 定义　为防止设备性能退化或降低装备失效的概率，按事前规定的计划或相应技术条件规定，及时发现和处理设备运行过程中的不正常的技术状态，如脏、松、缺、漏等情况，以保证设备的正常运行所进行的工作，称保养，亦称预防性维修。

2. 种类　依据工作性质、工作量大小及难易程度，分为以下三类：

（1）日常保养：日常保养又称例行保养，主要是包括外环境的清扫、整理，设备外部处理，包括表面清洁、润滑、紧固易松螺丝和零件以及外观检查等。如对手机的清洗和加注润滑油，一般在每天工作开始前进行，由设备操作和保养人员完成。

（2）一级保养：是对设备内部的清洗、润滑、局部解体检查和调整，以及电气设备的通电和光学仪器的测试等。如对CS16综合治疗机，每月更换1次炭刷，由保养人员负责。

（3）二级保养：对设备主体部件进行解体检查和调整，更换易损或破损部件，是一种预防性修理，每季至少1次，由保养人员与修理人员共同完成。

3. 内容　由于各种设备的结构、性能和使用方法不同，维护保养的具体内容也不同。一般分为两大类：

（1）环境条件：主要内容为清洁、润滑、防尘、防潮、防震、防腐蚀及温度调节等。

（2）技术检测　主要内容有部位检测、性能检测、环境条件检测等。主要目的是监测设备的技术状态，如光固化灯的光源强度检测，激光治疗仪器的激光输出功率检测以及检验设备精度的检测等。

（二）设备的修理

1. 定义　指设备出现故障或预测将要出现故障前，修复和更换已经磨损或损坏零部件，以恢复其原有的技术状态和功能。

2. 种类　按修理工作量的大小分为三类：

（1）小修理：对设备进行局部性的修理，通常只更换和修复少量的磨损零件，调整部分结构和精度。

（2）中修理：根据设备的技术状况，对设备的主要部件进行修理和更换较多的磨损零件，校正并恢复设备的精度，保证设备恢复和达到应有的标准及技术要求。

（3）大修理：是设备在使用过程中周期性的彻底检查和全面修理。对装备全部解体检查，修复和更换所有零部件、校正和调整整个设备，以全面恢复原有精度、性能和效率，达到规定的标准。

设备的修理还可按其工作时间、计划周期划分为强制性修理、定期修理和检查后修理。前两种方法适用于大型或精密贵重的复杂设备，后一种适用于一般常用设备。

三、口腔设备维修管理的技术经济指标

评价维修管理工作的质量，主要通过两个方面，一是设备的技术状态良好；二是维修和管理付出的代价最少。建立和考核设备维修管理的技术经济指标，对于提高维修管理水平和技术水平，稳定维修技术队伍都具有重要意义。这些技术经济指标可作维修人员考核参考。

（一）设备的技术状态指标

指装备的技术参数是否达到出厂时的指标，或能否满足使用要求。现用设备的技术状态指标可用完好率表示，完好率的高低代表设备技术状态的优劣，同时也代表了维修管理质量的水平。

国内有些医院制定了考核设备完好率的标准，将设备技术状况分四个等级如表 16-5-1。

按上述状况，可计算医院设备的完好率，即

$$完好率=\frac{功能完好和基本完好的台}{总台数}\times 100\%$$

表 16-5-1 考核设备完好率的标准

分级	性能	运转	零部件	仪表指示系统
设备完好	良好	正常	齐全	正常
设备基本完好	主要性能良好	基本正常	主要零部件齐全	正常
设备情况不良	主要性能不良	常出故障或使用受影响	主要零部件受损	有一定程度失调
报废或待报废	主要性能丧失	不能正常运转或经常出现较大故障	主要零部件不全	失调

（二）设备维修管理的技术经济效果

可用维修费用效率表示：

$$\eta M=\frac{Q}{CMt}$$

或用单台设备的维修费用表示：

$$CM=\frac{CMt}{Q}$$

式中，ηM 指维修费用效率（台/元或件/元），Q 指设备总数（台或件），CMt 指设备维修费用总额（元），CM 指单台设备维修费用（元）。

设备的完好率指标与维修费用效率或单台设备的维修费用指标相结合，比较全面地反映设备维修管理工作的技术经济效果。

（张志君）

第六章 医患姿位与口腔设备的关系

近年来，不少口腔医学专家和工程技术人员在采用现代技术的同时，对口腔诊疗中各个环节进行了不断改进，特别注意人与机器，人、机器与环境等的关系。其中，医师的操作姿势和诊治体位是整个环节的关键。在使用以综合治疗台为主体的各种口腔医疗设备时，应考虑以人为中心，在设计和研制口腔医疗设备时必须强调人的主导地位。

口腔诊疗过程是一个极精细的操作过程，不少操作仅在0.2mm范围内进行。然而，长期以来，医师在使用口腔医疗设备时，并未重视自身的操作姿势和诊疗体位，以致在操作过程中处于弯腰、扭颈或各部位肌肉不协调状态。这种状态，既不能充分发挥先进设备的效能，也可能因持续的强迫体位引起一系列的职业性疾病。有学者统计：口腔医护人员的颈、肩、腕综合征和腰痛症发生率高达85%。日本学者西方雄三对46名口腔医师进行脊柱X线检查：发现63%有脊柱侧弯和变形性腰椎症，87%有脊柱扭转。对26名口腔医师用莫尔条纹摄影检查，发现工龄4年以上者胸椎和腰椎侧弯发生率高达100%，其中变形性腰椎症占83%；右肩上抬占83%；左肩上抬占17%。这些研究结果表明：医生在口腔诊疗中必须按生理状况，规定一定的操作姿势和体位。对于即将进入临床的口腔医学生，进行正规的严格的操作训练更为重要。

第一节 医师正确操作姿势的理论基础

60年代起，不少学者对如何充分利用现代化的口腔设备，更好地发挥人的主导作用进行了研究。美国学者Dr.Beach经过几十年的研究，提出了"固有感觉诱导"（propriocepfive derivation, PD）理论，为口腔医师正确的操作姿势和体位提供了理论基础。

多年来，"PD"理论经过许多学者的不断完善，已形成指导口腔诊疗操作的理论体系。其核心是以人为中心，基本点是按人的固有感觉规范一系列的操作姿势和体位。所谓固有感觉是指平衡感觉及肌筋膜的本体感觉在人体内部的一种感受，它能使人及其行为与周围环境建立一种自然平衡的感觉。提高医师对自身本体感觉的认识是学习口腔医疗技术的起点。

人类的活动主要有三种基本姿势：即立位（包括行走）、坐位和卧位。

立位，保持了人体脊柱的生理弯曲，人体重心线从头颅中心开始，向下通过脊柱和骨盆中心直达足底。根据力学定律，人体重心与地心吸引力方向一致，对胸腔和腹腔组织无压迫作用。可见，立位是一种自然的稳定体位。如果长时间在站立下进行精细操作，由于支持点仅有足底，面积较小，难以达到长时间的稳定。

坐位，足底与坐骨均为支持点，面积比立位大，重心相对比较稳定。脊柱保持伸直时又可充分发挥背部肌肉的作用，使抗重力肌保持较稳定，在这种状态下进行精细操作最恰当。因此，口腔诊疗时，医师的操作体位，特别是进行精细操作时常采取坐位。

卧位，人体的重心最低，支持面积大，稳定性也最高，从生理角度看也最自然、舒适。但要进行精细操作，采用卧位则有一定困难。

"PD"操作位的原理，是通过人的本体感觉诱导，使人体的各个部位处于最自然、最舒适的状态。在这种姿势与体位下进行精细的操作，既保护了操作者免受不良姿势造成的损害，又能在最省力的条件下发挥最大功效。

第二节 正确的操作姿势和诊疗体位

根据"PD"理论，规范口腔医师及其助手的操作姿势，以减轻其劳动强度；规范患者的诊治体位，在较舒适的体位下接受治疗。

（一）医师的正确操作姿势和体位

1. 基本的姿势和体位　口腔医师在操作时，

身体各部位的规范姿势及体位应按如下要求：

(1) 头部：眶耳平面前倾30°，视线向下，呈80°俯角，两眼瞳孔的连线呈水平位。

(2) 肩部：自然放松、下垂，左右对称，两肩肩峰的连线呈水平位。

(3) 肘部：位于身体的侧方，保持前臂活动自由，前臂外展幅度不宜超过10°，腕部伸、屈范围应小于10°。

(4) 手指：自然放松，如以右手食指的指端作为工作点，其位置应在躯干与膝连线的中点。

(5) 肋下缘-髋：呈平衡不倾斜姿势。操作时医师的中腹部和患者的头颈部轻轻接触。

(6) 髋-膝关节：腓骨小头同坐骨结节的连线呈水平位。

(7) 膝-足底：小腿与地面垂直。脚平放在地面，呈自然位。小腿的高度与操作者的第4腰椎平面至地面的高度保持1:1.5。

此时，医师的第7颈椎与第4腰椎的连线与地面基本垂直。

采用上述体位与姿势，医师的知觉和平衡感觉都处于最佳状态，也是人们在生理条件下进行精细操作的最佳体位。

2. 医师位置的表示方法　以患者口腔为中心，用时钟数字表示。患者头顶部方向为12点位，脚尖方向为6位，其口腔左侧为3点位，口腔右侧为9点位（图16-6-1）。

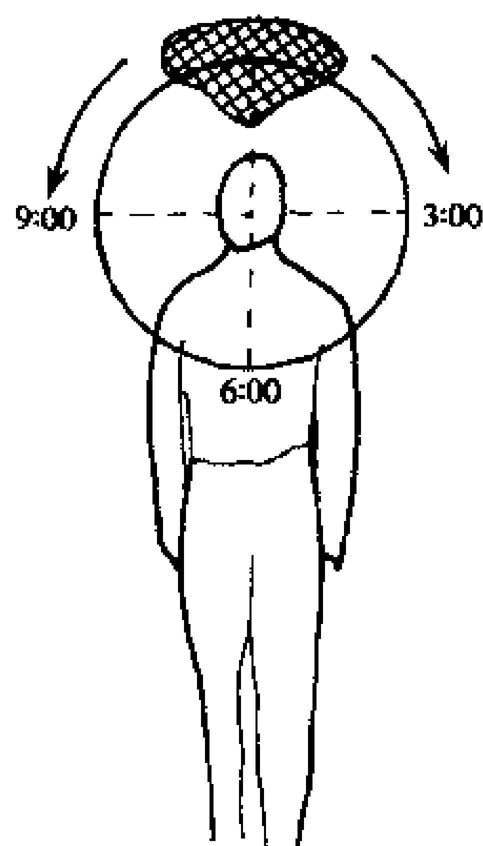


图16-6-1　医师位置表示法

当医师对患者的不同牙位进行治疗时，为维持标准体位，医师必须经常变换座椅的位置。根据“PD”操作位的原则，医师所选择的最佳用力方向应是与作业面垂直。操作时基本姿势与体位不变，仅手腕、手指及肘部等作相应的变动。这些变动也是通过人体本体感觉诱导调节到最佳状态。

(二) 助手的基本操作姿势与体位

一般情况下，助手采用立位或椅座位。采取椅座位时，助手的肘关节应比患者口腔位置高10～12cm，背部伸直，大腿与地面平行。左腿靠近综合治疗台，并与综合治疗台边缘平行。助手的座椅前缘应位于患者口腔的水平线以上。

(三) 患者的诊治姿势与体位

患者接受口腔疾病的诊治时，主要有两种体位，即椅座位及仰卧位或水平位。

椅座位：患者坐在诊疗椅上，椅靠背与椅面垂直或稍后倾。

仰卧位：诊疗椅靠背呈水平位或抬高7～15°，患者以仰卧位姿势接受诊治。

目前，口腔医师及患者的诊治体位与姿势虽无统一规定，但总的倾向是口腔医师逐步从立位改为坐位。当医师坐在9～12点位操作时，患者最理想的姿势是取仰卧位接受诊治，既舒适又有利于口腔医师进行精细的手工操作。但由于各种条件限制，患者在接受诊治时不能取仰卧位，此时，医师也可根据不同的诊治内容和不同的设备条件，选择较合理的诊疗体位。

(四) 医师和患者选择的常见几种姿势和体位

临床上常根据不同的诊疗内容及设备条件，选择医师和患者均较合理的姿势和体位。常见的有以下几种方式：

1. 医师取8～9点立位，患者取椅座位，其椅靠背与椅面垂直或后倾60°。

2. 医师取9点椅座位，患者亦取椅座位，其椅靠背后倾60°。

3. 医师取9：30～12：30点椅座位，患者取仰卧位，其椅靠背呈水平立位或抬高7～15°。

(五) 诊疗操作区的要求和范围

为了保证口腔医疗工作的顺利开展，应严格划出医师、助手和患者的诊治范围。

1. 医师工作区　通常口腔医师的工作范围在8～12点位（图16-6-2）。在此工作区域，医师无论采用椅座位还是站立位操作，都可获得比较理想

的诊治人口通路及最清晰的操作视野。同时在这个区域还可放置医师在诊疗中常使用牙钻机头、机头架和某些器械等。

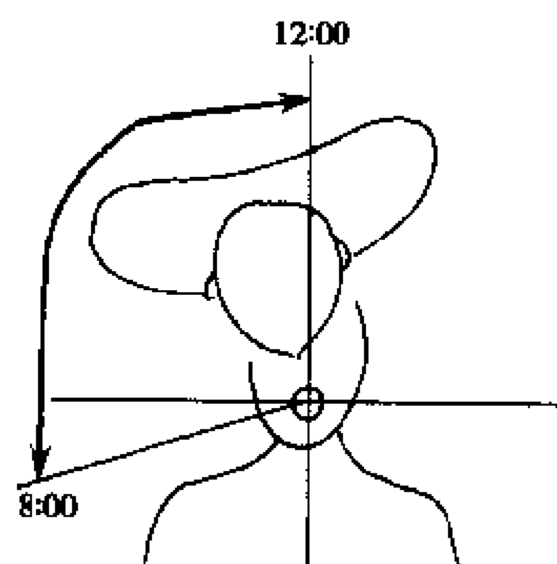


图 16-6-2　医师工作区

2. 助手工作区　助手的工作区主要在2～5点位（图 16-6-3）。除助手在该区工作外，还可放置一些口腔设备，如吸引器、水枪、供气泵、手用器械和材料等。

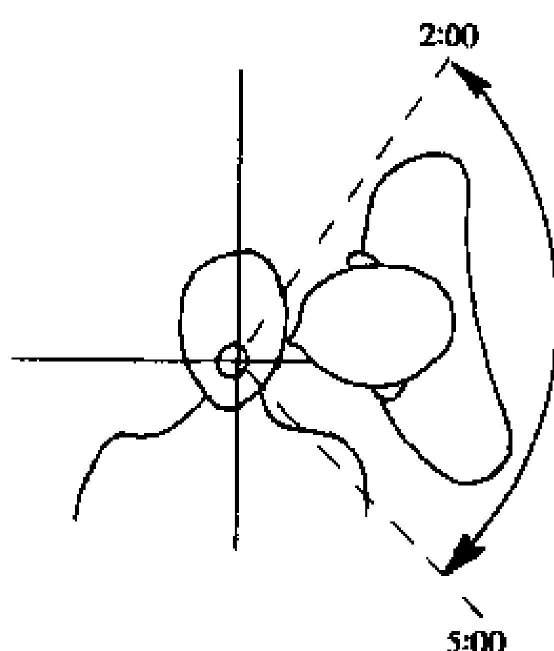


图 16-6-3　助手工作区

3. 器械传递区　助手将有关的器械传递给医师，或医师将用毕的器械交还给助手，这些活动常在5～8点位进行。器械托盘也放在此区。器械托盘理想的位置是患者的口腔、医师肘部与器械托盘前缘形成边长为 30cm 的等边三角形。当然在具体工作中，还应根据医师诊疗位来确定。

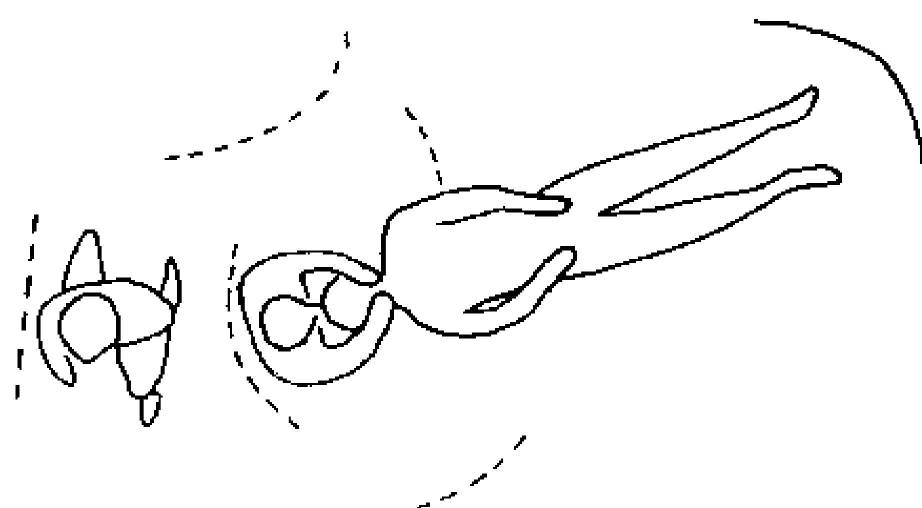
医师采取8点立位诊治时，器械托盘应在患者的左前方；医师在9点站立位或椅座位诊疗时，器械托盘应位于患者的正前方；医师采用11～12点位时，器械盘则应调整到患者右肩外侧。

器械托盘放置高度应与医师肘关节高度相同。但患者取椅座位诊疗时，器械托盘应低于患者口腔 20cm；患者取仰卧位诊疗时，器械托盘则与患者肩部的高度一致。总之，器械的传递尽可能靠近患者口腔。

4. 非工作区　非工作区主要在 12～2 点位。可将超声波洁牙机、高频电刀等放在非工作区，但该区一般较少利用。

5. 诊治区的活动范围　在规定了各自的工作区的同时，还必须划出相应的活动范围。其原理是首先保证医师、助手和患者在诊疗过程中的正确姿势和体位所占据的空间，以及必要的活动空间，使其移动身体各部位时均不受任何物体阻碍。在诊治工作中，各种设备与器械均应放在传递和使用方便、合理的位置。

诊疗区的大小主要由综合治疗台的长度、坐在靠近患者头部旁的医师身体厚度、助手所需空间和放置器材的诊疗台的厚度决定。同时还应保留医师和助手的基本活动空间，即在医师右侧要保留放置器械托盘所需的空间，以及助手坐位与步行的空间（图 16-6-4）。


图 16-6-4　治疗室活动空间

第三节　保持正确操作姿势和诊疗体位的基本条件

根据口腔诊疗内容的不同，在调整各自的操作和姿势时，为了能长期维持符合生理状态的体位即“PD”位，保证正常操作姿势和诊疗体位，还需要一些基本条件。

（一）调整操作体位

为了保证操作视野清晰，需要从以下五个方面调整操作者的体位。

1. 医师位置的移动　医师整体位置的移动主要由操作点决定。始终保证医师的用力点与作业面

相互垂直，以达到良好的操作效果。为此，医师主要在8～12点位作整体移动。

2. 患者头部左右移动 随诊疗部位的改变，患者头部随之向左侧或右侧转动，一般左、右转动的幅度均不超过45°。这样，可以防止医师在诊治时手指、腕和臂部出现较大幅度的变化或处于强制状态。

3. 患者头部前后移动 上、下颌咬颌平面与地面成90～120°角。随诊疗部位改变，患者头部需要前后移动，但应防止患者身体上部不自然的前倾和转位。

4. 患者下颌的张闭口活动 一般患者下颌张口幅度为1～3横指宽，相当于1.5～4.5cm，以保证不同部位都能有良好的操作视野。

5. 患者全身上下移动 根据诊疗内容的不同，工作点也有变化。要保持医师始终处于最佳操作位，可调整综合治疗台的高度。上升或下降综合治疗台，使患者作整体移动。

（二）配备适当设备

口腔医师的操作姿势，与常用设备的大小和功能有直接关系，尤其是综合治疗台和术者座椅。只有功能齐全和大小适当的设备，才能保证医师的正确操作姿势。

1. 对综合治疗台的基本要求 人体最稳定和自然的体位是平卧位。综合治疗台的长与宽应根据人体的身高与宽度决定。

综合治疗台的长度，除头靠支托外，应以人的第7颈椎为基点决定综合治疗台的长度。我国成年男子第7颈椎至脚底长度的平均值为1520mm，其平卧时以两肘之间与两肩之间较宽，肩宽490～500mm，肘间距为670～700mm。

综合治疗台应涉及人体体重支点部位，应加以一定厚度的软垫，并使其椅座面、背靠面的机械曲度与人体生理性弯曲尽可能一致，使患者的背部、坐骨区及四肢都有比较充分的支托。身体各部分的肌肉和关节均处于自然松弛状态。

综合治疗台上的头支托可向上、下、前及后方移动。其大小应适度，以其顶端与患者的头顶平齐为宜。如果头支托过大，则医师的身体距患者口腔较远，使医师体位不自主前倾，改变了自然的生理操作体位。这样，既影响医师的自由活动度，又使医师易发生疲劳，所以头支托的厚度应尽可能薄。在支托下面不宜有突出物，以免影响医师操作。头支托左右两侧稍留有余地，使患者头部易固定在其中央。为防止患者头部向左侧或右侧转动时压迫双耳，可在支托相应部位留二个间隙。

整个综合治疗台椅面的硬软应适度。椅面过硬，患者平卧时，其头、肩、坐骨区等部位受压，患者易感到不舒适而改变体位；椅面过软，则造成脊柱的非生理性弯曲，同样易使患者疲劳。

综合治疗台的头靠、椅面的调节要求灵活。

2. 对医师座椅的基本要求 座椅是保持医师正常操作姿势与体位的重要保证。其基本要求是椅位能上、下调节，可调高度为380～450mm；有适当厚度的泡沫软垫；背靠呈镰刀形，曲率半径为30cm，可全方位旋转，旋转到前面可作腹靠，旋转到侧面可作腰靠，口腔医师身体前倾和侧弯时，也可起支靠作用；设有方向脚轮，使座椅在地面上自由移动。目前，也有不少学者主张，为保持术者的生理体位，不使用靠背。所以，某些产品的椅背较小，其高度以医师立位时手能触及即可。

医师椅座位时，椅座的高度以使医师大腿与地面平行，下肢自然下垂为宜。座椅过高，医师的体重分布至下肢，足悬空，造成下肢和背部肌肉过度紧张；座椅过低，不能保证医师腰骶部的适宜姿势和体位，也会增加背部肌肉的负荷，从而改变了医师的生理体位，降低了诊治效率．坐垫柔软适当，可使医师的臀部完全得到支持，并且小腿和足应有一定的空间余地，有利于医师更换体位。

总之，口腔诊疗过程中，无论设备或器械的设计、要求、使用或放置等，都应以人为中心，以“PD”位为核心。这样才能充分发挥各种设备的最佳效能，防止在强迫体位下进行诊治，既减轻医患疲劳又提高医疗质量。

（潘可风）

参考文献

1. 张志君主编．口腔设备学．成都：四川大学出版社，2001
2. 唐磊，方凤琴编著．口腔器械学．北京：人民军医出版社，1988
3. 邵永新，江山编著．现代口腔烤瓷修复技术．北京：科学出版社，1998
4. 郭天文主编．口腔科铸钛理论和技术．世界图书出版公司，1997

5. 林自强主编. 牙科PD操作基础与临床. 上海：上海医科大学出版社，1993
6. 黄力子. 根管长度电测法及原理. 中华口腔医学杂志，1988，23:5
7. 黄力子. 根管长度电测法新原理及三种新的口腔科电子仪器. 口腔医学，1989，9:3
8. 孙家森，范宪周，等. 医学技术装备管理概论. 北京：北京医科大学中国协和医科大学联合出版社，1992
9. 于海洋. 口腔计算机辅助设计和制作系统的现状和展望. 国外医学口腔分册，1996，23:1
10. 胡宗泰等. 国内外医疗器械的发展趋势. 中国医院管理，1996，16 (1) 卷1期
11. 迟宝兰等. 医院设备成本测算研究方法简介. 中国医院管理，1997，17 (5)
12. Jedinakiewicz N, Martin N. CAD/CAM in Restorative Dentistry. The Cerec Method Liverpool University Pren. 1993
13. Moris Robinson. Home position Dentistry. Australia: Bikensha Company Ltd. 1996
14. Samranayake LP. Essential Microbiology for Dentistry. New York: Churchill Livingstone, 1996:124～137
15. Checchi L, montebugnoli L, Samaritani S. Contamination of the turbine air chamber: a risk of cross infection. J Clin Periodontal 1998, 25:607～611
16. Lewis DL. Arens M, Appleton SS, et al. Cross contamination potential with dental equipment. Lancet 1992, 340 (8830):1252
17. Blake GC. The incidence and control of bacterial infection in dental spray reservoirs. British Dental Journal. 1963, 115:413～20
18. Williams JF, Johston MA, Johnson B, et al. Microbial contamination of dental unit waterlines. J Am Dent Ass. 1993, 1524:5965
19. Miller CH. Biofilm and water contamination. Annual symposium office sterilization and asepsis procedures research foundation, chapel Hill, NC. June 26, 1997
20. Challacombe SJ, Fernandes LL. Detecting Legionella Pneumophlia in water system: a comparison of various dental unit. JADA. 1995, 126:603～608
21. Crawford JJ, Broderius C. Evaluation of a dental unit designed to prevent retraction of oral fluids. Quint Int 1990, 21:47～51
22. Mills SE, Kuehne JC, Bradley DV. Bacteriological analysis of high-speed haodpiece turbines. J Am Dent Assoc 1993, 124 (12):55
23. Salivary component blocks HIV infection JADA, 1995, 126:292

第十七篇

CHINESE STOMATOLOGY

口腔颌面检查诊断

主编　雷荷灌

作者　王　虎　王晓毅　马绪臣　孙广熙
张祖燕　郑广宁　雷荷灌　邓开鸿
赵元全　管昌田

概　述

本篇包括口腔颌面部的常规临床检查诊断技术、X线检查诊断技术、CT检查、MRI检查、放射性核素显像技术和超声诊断检查等多方面的基本理论知识和诊断技术。对于临床医生来说，对患者实施检查方法是否恰当正确，直接影响到能否获得正确的诊断。有了对疾病的正确诊断，才能有的放矢，取得良好的治疗效果。

本篇所涉及的内容中，临床检查常规所使用的物理诊断技术，是最基本的首要的诊断技能，是我国口腔医学临床实践丰富的经验总结，是广大口腔临床医生必须掌握的基本知识和技能。口腔X线诊断技术，在口腔临床工作中使用最为广泛，应用时间长，口腔临床医生必须掌握其读片技能。大量的事实说明，利用X线诊断技术，大大有利于临床医生对口腔颌面疾病的认识，弥补了肉眼直视的局限性，从而作出正确的诊断，提高了诊断水平。

20世纪60年代以来，随着科学技术的飞跃发展，传统的X线诊断方面也有不少的新技术。如曲面体层摄影的普遍应用，各种造影检查的开展，特别是颞下颌关节造影、涎腺造影技术的提高，先进的血管造影技术和数字减影摄影、口腔内窥镜等新技术的应用，使临床诊断水平有极大的提高，也丰富了X线诊断的内容。

口腔X线诊断更是向着影像学诊断方向发展。如CT、MRI、核素显像、超声诊断等新技术在口腔临床诊断中的应用，反映了口腔医学诊断技术跨入了崭新的领域，它使得过去应用普遍X线检查无法观察到的软组织病变和体内深层组织的病变，在CT和MRI等的清晰成像中，提供了客观准确的信息。虽然由于设备和使用成本较高，尚未普及，但它代表了口腔医学诊断技术进入了一个新的高度，解决了一些重大疑难疾病的诊断问题。并有助于科学研究的开展。这些高新技术的应用，反映了口腔医学影像学已紧跟世界科学的发展，步入了一个划时代的新领域，等待着我们去开拓，去创造，去发现，去总结，丰富和更新口腔医学影像学的新篇章。

这些新技术各有其特点，在临床应用中，应正确掌握其适应证，各取所长，互为补充、不能取代，以发挥其最佳的作用。

本篇编写中，结合了作者的实践经验和科研成果，所用图片皆为作者们多年来积累的病例资料。

（雷荀灌）

第一章　口腔颌面临床检查

第一节　概　　述

对口腔颌面部疾病的准确而及时的诊断，是确定治疗方法和措施的依据，同时对治疗的效果和疾病的转归及预后起着十分重要的作用，这要求临床医生不仅要具备丰富的专业理论知识和临床经验，熟悉口腔颌面部的正常解剖生理状况，认识疾病的异常病理改变，而且要具有良好的医德和高度的责任心，熟练运用各种检查诊断技术，对疾病的发生、发展和临床表现进行全面深入的了解，在此基础上进行周密的综合分析和判断，作出正确的诊断。

同一种疾病在不同的发展阶段或在不同的病人身上可有不同的表现；而不同的疾病却可能具有相同的临床症状。因此在临床检查中既要注意检查和发现每一种疾病特征性的病理改变，又要全面搜集病史及检查资料，注意与其他疾病相鉴别。当疾病缺乏特征性表现时，应先考虑常见病、多发病或当时流行病的可能，在排除以上疾病后，再考虑具有相同临床表现的罕见病。对某一疾病不仅要明确病变的性质、部位、范围，而且应明确其对正常组织和器官的侵蚀和破坏程度，明确其所处的发展阶段和由此所产生的并发症。

局部疾病对全身健康有着重要影响，而许多系统性的疾病亦会在口腔颌面部出现病症，如营养缺乏、代谢障碍、血液疾病等。所以在进行口腔颌面部检查时应尽量全面，既要对局部病变进行深入细致的检查，又需具有整体观念，对全身情况进行检查，并了解疾病给病人心理上造成的影响。既要积极处治口腔颌面部病症，同时又治疗全身的合并症，以彻底解除病人的痛苦。

诊断一旦确立，即应开展治疗，并在治疗过程中进一步观察，根据治疗的反应和效果对诊断进行验证和修正。对不能立即明确诊断的疑难病症，应反复检查，必要时可进行诊断性治疗，以明确诊断。如果是急重病例，在临床资料不足以确诊之前，在积极进行检查的同时，应及时开展对症治疗，以免贻误治疗时机。

口腔颌面检查作为全身检查的一部分，重点检查牙齿、牙周、口腔粘膜、颌骨及颌面颈部的器官和组织；包括临床检查、功能性检查、影像学检查、病因学检查及组织病理学检查等。

口腔颌面检查前的准备包括工作地点的布置、检查器械的准备、病人体位和心理准备及医生自己所需的各项准备。

第二节　口腔颌面检查方法

一、口腔颌面外科检查方法

（一）问诊

通过向病人或其家属进行耐心细致的询问，了解病人的主要症状或要求，疾病发生发展的全部过程，以及诊治情况，同时还应通过问诊了解病人过去的身体健康状况，有无全身其他系统的疾病史，有无外伤史、手术史及药物过敏史；其生活和工作环境、有无烟酒或其他嗜好；女性病人尚需了解其月经、婚姻、生育史；对一些具有家族性、遗传性的疾病，还应了解其家族中（包括旁系）有无类似病例。

（二）口腔检查

1. 口腔前庭检查　依次检查唇、颊、牙龈粘膜、唇颊沟及唇、颊系带情况，注意其色泽、形态有无异常、有无瘘管、溃疡或新生物、腮腺导管口有无红肿、溢脓等现象。

2. 固有口腔及口咽部检查　依次检查舌、腭、咽、口底等部位的颜色、质地、形态和大小。注意有无溃疡、新生物和缺损畸形；舌、软腭、悬雍垂、舌腭弓、咽腭弓的发育和运动有无异常；以及发音、吞咽、吹哨等功能活动时有无腭咽闭合不全；扁桃体有无肿大、咽后壁淋巴滤泡有无增生；舌系带的位置、形态有无异常；口底颌下腺导管口有无红肿、溢脓，挤压颌下腺区其导管口唾液分泌

情况；舌的味觉检查，可用酸、甜、苦、咸等液体滴在舌上，以明确味觉是否迟钝、丧失或异常。

双合诊检查：对唇、颊、舌部的病变，可用一手的拇、示指置于其上下或内外进行双合诊；对口底、颌下区病变则用双手分置于病变区的上、下由后向前进行双合诊，以便更准确地判断病变的位置、范围、质地、活动度及有无压痛。

3. 牙及殆检查

(1) 牙齿的检查应结合探诊及叩诊以明确有无牙体组织缺损、龋坏、探痛、叩痛、牙周袋及牙松动、移位等。

(2) 检查殆关系时，应注意有无咬合错乱，以明确有无颌骨骨折、畸形、肿瘤和颞颌关节等病变。

(3) 张口度检查：临床上以上下中切牙的切缘间距为标准，正常张口度大小相当于其自身的示、中、无名指合拢时三指末节的宽度，临床上张口受限常分为三度：

轻度张口受限：上下切牙切缘间距仅可置入二横指，约2cm。

中度张口受限：上下切牙切缘间距仅可置入一横指，约1～2cm。

重度张口受限：上下切牙切缘间距不到一横指，在1cm以内，完全不能张口者，又称为牙关紧闭。

(三) 颌面部检查

1. 表情与意识神态　颜面部表情的变化既是某些口腔颌面外科疾病的表征，又是各种全身疾病的反应，依据面部表情，可了解病人的意识状态、性格、体质及病情的轻重。

2. 外形与色泽检查　观察颌面部外形左右是否对称，上中下比例是否协调，有无突出或凹陷；皮肤的色泽、质地和弹性的变化对某些疾病的诊断具有重要意义。

3. 面部器官的检查　在检查颌面部时，应注意对与之关系密切的眼、耳、鼻等器官的检查。

(1) 首先应检查眼睑、外耳、鼻有无缺损畸形及缺损的部位及范围，睑裂的大小、眶间距及眼睑的动度。

(2) 对颌面部损伤病人，特别要注意双侧瞳孔的形态、大小及对光反射情况，以明确有无颅脑损伤；注意检查有无脑脊液耳漏或鼻漏，前者表明颅中窝底骨折，后者代表伴发颅前窝底骨折。若外耳道仅表现为溢血，则可能为髁状突骨折引起外耳道破裂。

(3) 对于上颌窦癌的病人，患侧鼻阻或血性分泌物为早期症状之一；晚期则可引起眼球突出及运动障碍，出现复视。对于耳部邻近部位（如颞颌关节及腮腺区）的炎症及肿瘤，尚应检查听力和耳部的情况。

4. 病变部位和性质　对已发现的病变，应进一步触诊检查，注意病变区皮肤的温度、湿度、硬度与弹性，病变的范围、深度、形态、大小以及与深部组织和皮肤或粘膜的关系，病变能否活动，有无波动感、捻发感、触痛等体征，对畸形和两侧不对称者，应注意区别是一侧肿大、膨隆，或是另一侧萎缩、缺损。对口腔颌面部的瘘道、窦道，可用探针进行探诊，必要时注入染色剂或造影检查其走向和深度。

5. 面颌骨的检查　视需要包括眼眶、颧骨、颧弓、上颌骨、鼻骨、下颌支、下颌角及下颌体的检查，应注意其大小、对称性；骨连续性有无中断，有无台阶或凹陷缺损，有无压痛、骨擦音或异常活动；对骨面膨隆者，尚需检查有无乒乓感或波动感。

6. 语音及听诊检查　语音检查对某些疾病的诊断具有特殊意义，如腭裂患儿具有明显的鼻音，即“腭裂语音”；舌根部肿块可出现“含橄榄音”；蔓状血管瘤病变区可听到吹风样杂音；颞颌关节紊乱综合征的病人在关节区可听到不同性质及时间的弹响，对该病的确诊及分型具有帮助。

7. 颌面、颈部淋巴结的检查　面颈部淋巴结的扪诊，对颌面部炎症和肿瘤的诊断和治疗具有重要意义。检查时病人应取坐位，检查者应站在其右前方或右后方，病人头稍低，略偏向检查侧，使皮肤、肌肉放松。检查者手指紧贴检查部位，依次从枕部开始，沿耳后、耳前、腮腺、颊部、颌下、颏下，再沿胸锁乳突肌前缘及后缘、颈前后三角，直至锁骨上凹滑动扪诊，仔细检查颌深、浅各组淋巴结有无肿大及其所在部位、大小、数目、硬度、活动度、有无压痛或波动感，与皮肤或基底部有无粘连等情况。

(四) 颞颌关节检查

1. 外形与关节动度检查　检查面部左右是否

对称，关节区、下颌角、下颌支和下颌体的大小和长度是否正常，两侧是否一致和协调，注意面部有无压痛和髁突活动度的异常。检查髁突动度有两种方法：①以双手示指或中指分别置于两侧耳屏前(即髁突外侧)，患者作张闭口运动时，感触髁突之动度；②或将两小手指伸入外耳道内，向前方触诊，以了解髁突之活动及冲击感，协助关节疾病的诊断。此外还应注意观察颏部中点是否居中，面下1/3部分有无明显增长或缩短。

2. 咀嚼肌检查　检查咀嚼肌群的收缩力，依次触压各肌是否有压痛点；并嘱患者同时作咬合运动，感受双侧肌肉运动是否对称、协调。在口内触压各咀嚼肌的解剖部位：下颌升支前缘向上触压颞肌前份；上颌结节后上方触压翼外肌下头；下颌磨牙舌侧的后下方及下颌支的内侧面触压翼内肌下部。

3. 下颌运动检查

(1) 开闭颌运动：检查张口度是否正常及张口型有无偏斜，是否出现关节绞锁等异常现象。

(2) 前伸运动：检查下颌前伸的距离及前伸时下颌中线有无偏斜。

侧颌运动：检查左右侧颌运动是否对称，髁突动度是否一致，并比较咀嚼运动中发挥功能的大小。

(3) 在下颌作以上各种运动时，还应注意观察有无疼痛、关节弹响或杂音出现；观察弹响出现的时间、性质、次数和响度等。弹响明显者，一般用手指扪诊即可感觉到，必要时可用听诊器协助。

4. 𬌗关系检查　颞颌关节疾病与牙、𬌗状态有密切关系，因此应注意检查咬合关系是否正常，有无𬌗紊乱；覆𬌗覆盖程度及𬌗曲线是否正常；𬌗磨耗程度是否均匀一致；此外还应注意后牙有无缺失，缺失时间长短；后牙有无倾斜及阻生等情况。

（五）涎腺检查

1. 一般检查　涎腺的检查重点是三对大涎腺的检查，但是对某些疾病而言，亦不能忽视小涎腺的检查。

(1) 首先应注意两侧面部是否对称，然后观察各腺体所处部位的解剖标志是否存在，对腮腺损伤或恶性肿瘤患者，应观察其面神经各支功能有无障碍；对舌下腺、颌下腺恶性肿瘤患者，则应注意舌体运动，如伸舌时偏向一侧或患侧舌肌震颤，表明该侧舌下神经已瘫痪。

(2) 检查唾液分泌：应注意导管口有无红肿溢脓现象；按摩挤压腺体时，唾液分泌是否通畅；唾液本身是否清亮、粘稠或脓性。

(3) 腮腺肿瘤患者尚应观察咽侧及软腭有无膨隆，如有则可能为腮腺深叶肿瘤所致。

(4) 腺体的触诊应注意有无肿块；如有肿块，则应注意其部位、大小、质地、活动度，以及与周围组织的关系。

(5) 涎腺导管的触诊应注意有无结石存在外，还应注意导管的粗细及质地；检查时应从近心端向导管口方向滑行触压，以避免将结石推向深部。

(6) 涎腺触诊的方法：腮腺触诊一般以示、中、环三指单独为宜，忌用手指提拉腺体触摸；颌下腺、舌下腺及腮腺深叶的触诊则应用双手合诊法进行检查。

2. 分泌功能检查　包括唾液分泌的定性、定量检查及对唾液进行成分分析，对涎腺疾病、胰腺疾病及某些代谢性疾病的研究有一定价值。

(1) 定性检查：给病人以酸性物质，如2%枸橼酸钠、维生素C或1%柠檬酸等置于舌背或舌缘，使腺体分泌反射性增加，根据腺本身变化和分泌情况，判断腺体的分泌功能和导管的通畅程度。

(2) 定量检查：正常人24小时涎液总量为1000～1500ml，其中90%来源于腮腺和颌下腺，舌下腺仅占3%～5%，小涎腺分泌则更少，所以涎腺分泌功能的定量检查是根据在相同程度刺激的条件下，以一定时间内腮腺或颌下腺的唾液分泌量的检测来协助某些涎腺疾病的诊断。如急性口炎或重金属中毒等症时唾液分泌增加；而慢性涎腺炎、涎石症和淋巴上皮病等则唾液分泌减少。

(3) 唾液成分分析：唾液中有内源性物质及外源性物质，包括电解质、蛋白质、酶、尿酸、尿素和免疫球蛋白以及药物等，其中的内源性物质在正常人有一定的正常值，在病理条件下，各成分则发生一定程度的改变，对某些疾病的诊断有一定的辅助价值。

（六）辅助检查

1. 化验检查　颌面外科病人应常规行临床检验、生物化学、血清学检验及细菌学检查。

2. 穿刺检查　对肿块进行穿刺抽取其内容物，观察其颜色、透明度、粘稠度等，可协助诊断；必

要时将抽出的物质送病理或涂片检查，可进一步明确病变的性质。

应注意：临床诊断为脓肿时，应用8号或9号针头进行穿刺；穿刺应注意抽出脓液时的进针深度、方向；对脓液应进行细菌培养和药物敏试，以指导临床针对性选择药物。对实质性肿块应采用细针头（5号）；当怀疑为颈动脉体瘤或动脉瘤时，则禁忌行穿刺检查。

3. 活体组织检查　根据病变的部位、大小、位置深浅不同可采用穿刺抽吸、钳切和切取活检，一些较小的病变应行切除活检，以明确病变的性质、类型及分化程度，对诊断和治疗具有决定性意义。但是也非绝对可靠，应结合临床和其他检查方法综合分析；有时一次活检不能明确诊断，尚需反复多次活检才能确诊。

在行深部病变的活检时，应注意避开重要的组织结构；怀疑为血管瘤、颈动脉体瘤者应禁忌活检。

4. X线检查　系临床常用的检查方法，对判断牙及骨组织的病变位置，范围和性质具有重要参考价值。临床常与造影检查并用，以扩大其应用范围。

5. 放射性核素检查　目前主要用于肿瘤的检查和诊断，也可用于涎腺、骨组织疾病的诊断以及作为某些疾病的临床和科研示踪的一种手段。临床上多用半衰期较短和低能量的核素，如通过^{131}碘扫描可以确定异位甲状腺；用^{99}锝作涎腺与颌骨肿瘤的闪烁扫描检查。

6. 超声波检查　超声波在机体内传播时，由于各种组织的密度和特性不同，从而产生不同的回波波型、曲线和图像，对确定病变的位置、大小、深浅和性质有一定的辅助诊断意义。近年来常应用彩色多普勒对血管进行定位检查。

7. 电子计算机X线体层摄影（computerized tomography, CT）检查是以X线束从多个方向沿着选定的身体某一厚度的断层层而进行照射，测定透过的X线量，经过计算机数字化处理计算出该层面各组织的各个单位容积的吸收系数，然后重建图像的一种成像技术，能避免影像重叠，使图像非常清晰，具有很高的密度分辨力。对颌面部的肿瘤，特别是面深部肿瘤的位置、范围及其与周围重要组织的关系，能提供较准确的信息对诊断和指导手术设计具有重要意义。结合增强剂的使用，对显示肿瘤及其与血管的关系更加清晰。近年来，运用计算机图像处理技术的发展，其三维图像的重建使其图像显示更加直接、客观，大大简化了诊断过程。

8. 磁共振成像（magnetic resonance image, MRI）检查　MRI属生物磁自旋成像技术，是利用人体组织氢原子核在强大均质磁场中受到特定的射频脉冲激发时发出信号，以信号经接受器及计算机处理后成像。是一种非创伤性检查，其图像显示的解剖结构逼真，病变显示清晰，无需使用造影剂即能显示血管，且能进行三维成像，使病变准确定位；其软组织的对比度优于CT。尤其适用于颌面部炎症，囊肿及良恶性肿瘤，特别是颅内和软组织内肿瘤的诊断和定位。

9. 数字减影血管造影（digital subtruction angiography, DSA）检查　DSA是利用计算机处理数字化影像信息，消除骨骼和软组织影像的一种新的血管造影成像技术。与常规血管造影相比，其诊断敏感性更高，所用造影剂浓度低、剂量小，并可观察血流动态图像，对了解颌面部肿瘤的供养和回流血管及其与周围大血管的关系有重要价值。但其不能显示肿瘤与周围组织的关系，需与其他检查（如CT、MRI）联合使用。

二、口腔内科检查方法

（一）一般检查方法

1. 问诊　疼痛是牙体牙髓疾病及牙周疾病的最常见和最主要的症状，不同的疾病，其疼痛的性质，发作方式，持续时间等各有特点，因此对有关疼痛的性质的了解，对明确诊断大有帮助。在问诊时应注意以下几个方面。

（1）疼痛的发作方式：如急性牙髓炎和根尖周炎都有显著的自发痛，也有激发痛，但前者的激发痛具有自发痛的特点，而后者以咬合痛、触叩痛、咀嚼痛为主要特征。

（2）疼痛的部位：大多数患者对牙病引起的疼痛都能指出病牙和疼痛部位，而对于急性牙髓炎的患者，却往往会出现一侧下颌牙或上颌牙均出现疼痛，甚至出现整个患侧面部、颞部疼痛，即牵涉性疼痛。对病牙的诊断带来困难，此时应结合其他检

查方法仔细鉴别，以避免误诊误治。

(3) 疼痛的性质和程度：与患者的文化程度和疼痛的耐受能力有一定关系，可描述为锐痛、钝痛、刺痛、胀痛、灼痛、撕裂痛或搏动性痛；急性牙髓炎和根尖周炎常出现剧烈的难以忍受的疼痛，伴有痛苦表情。

(4) 疼痛加重和减轻的因素：如夜间痛、激发痛是牙髓炎的显著特征，但其表现却可能不一样，有时冷刺激加重疼痛，热刺激不引起疼痛；有时则相反，热刺激加重疼痛，而冷刺激却可缓解疼痛。

除此以外，在问诊时还应对牙病的其他常见症状，如牙龈出血、肿胀、溢脓等出现的时间、频率、诱发因素等进行了解；同时还应对以往的治疗情况及治疗效果进行询问；询问全身性的疾病史，辨别某些全身性系统性疾病的口腔表现；了解有无传染病史，以加强对医、患人员的保护，避免医源性的感染。

2. 望诊　也称视诊，常需借助口镜完成。望诊时应注意观察牙齿的颜色及牙体形态，注意有无牙体缺损及缺损的部位、范围等；牙体表面有无结石或软垢附着；牙龈组织的颜色、形态，有无充血、水肿或萎缩；牙龈及口腔粘膜有无窦口，窦口有无红肿、溢脓。

菌斑的检查：嘱患者用清水漱口后，用四碘荧光素或品红溶液等菌斑显示剂少许涂布在牙齿表面和龈缘，再次漱口后，有染色的区域，即是附着的菌斑。

牙结石和软垢沉积，一般分为三度：

Ⅰ度：牙结石附着在颈部不足牙冠1/3，软垢较少者。

Ⅱ度：牙结石附着超过牙冠的1/3，但不足2/3，有软垢者。

Ⅲ度：牙结石附着超过牙冠的2/3，或软垢特多者。

3. 扪诊　又称触诊，用手指或用镊子夹持棉球按压患部，根据患者的反应和检查者的感觉进行诊断。

(1) 当根尖区出现触压痛时提示根尖周炎症的存在；扪及波动感、乒乓感则提示为根尖脓肿或囊肿。

(2) 当用手指扪及牙颈部，让患者做各种咬合动作时，若手感震动较大者，提示有创伤性𬌗。

(3) 牙松动度检查：牙松动是牙周炎和牙槽骨萎缩的典型表现，可用镊子夹住前牙切缘或用镊尖抵住后牙的𬌗面沟窝，向颊舌向和近远中向摇动进行检查，分三度记录：

Ⅰ度：微大于生理动度，相当于1mm以内。

Ⅱ度：从正常位置向任何方向摇动，动度相当于1～2mm。

Ⅲ度：从正常位置向任何方向摇动，动度大于2mm，或出现垂直向松动。

4. 探诊　借助探针进行检查和协助诊断的方法，是口腔内科最常用的方法之一。

(1) 龋洞和牙髓探诊：采用尖锐的探针进行，用以检查龋损及牙体组织缺损的范围和深度、髓腔有无穿孔、牙髓的反应性及髓腔侧壁、髓底有无穿孔及根管口的位置。

(2) 牙周探诊：用有刻度的钝头牙周探针，探测牙龈与附着龈的关系；了解牙周袋的范围、深度及牙龈与牙齿的附着关系。检查时应注意支点应稳，探针尽可能靠牙面，与牙长轴方向一致，力量轻微，以免引起疼痛。

牙周袋的深度检查，应按牙的颊（唇）、舌（腭）侧之近、中、远三点作测量记录，检查龈缘到袋底深度。结合附着丧失的检查，以了解牙周破坏的严重程度。附着丧失的测量应在牙周袋深度测量后进行测量，龈沿到釉牙骨质界的距离，若龈缘位于牙骨质界下之根面，则测量记录为负值。

(3) 窦道探诊：用圆钝质软的窦道探针从窦道口插入，顺势推进，检查窦道的方向和深度，以检测其来源。

5. 叩诊　用口镜柄或镊子柄叩击牙齿，根据牙齿对叩击的反应进行检查，分为垂直叩诊和侧方叩诊两种，前者是与牙长轴方向一致的叩诊法，出现叩痛提示患牙存在根尖周炎；后者是叩击方向和牙长轴垂直，也称水平叩诊法，出现叩痛提示患牙存在根侧牙周膜炎。由于叩诊是根据牙周膜的敏感程度进行诊断，需与患者的前后牙进行比较。

6. 嗅诊　当揭开髓室顶后出现强烈的腐败性气味，揭示牙髓坏疽；在根管治疗过程中尚可用根管内分泌物气味的嗅诊来判断根管感染是否已得到控制。

7. 咬诊　主要用来检查牙隐裂，将小棉球或桔木棍头放在疑有隐裂处，嘱患者咬下，若出现疼

痛则提示存在隐裂。但用此法检查时不能用太硬的物品，咬合力也不应太猛烈，以免加重隐裂或造成牙折裂。

8. 染色法　用以检查牙隐裂。一般用2%碘酊、1%甲紫液或2%甲基蓝液涂布于疑为隐裂处，后用75%酒精棉球拭洗清洁，如有隐裂，则染料因已浸入折线内而不能清除。

9. 冷热诊　根据牙齿对冷或热刺激的反应来检查牙髓的状态，为牙髓的感觉测试的一种方法，必须与正常牙作为对照，一般先测正常的对侧同名牙或邻牙，再测患牙，在同等强度的刺激下出现明显不同反应时才有意义。

（1）冷刺激：温度以低于10℃为宜，常用的方法有：

1）直接滴注接近0℃的冷水到测试部位；

2）用棉球蘸无水乙醇迅速置于测试部位；

3）将氯乙烷喷于小棉球上，抖掉多余液体，当冰晶开始形成时，将其置于干燥的测试部位。

（2）热刺激的温度以60℃以上为宜。常用以下方法：

1）热牙胶法：将牙胶烤软但不致冒烟（约65℃时）迅速将其置于检查牙上；

2）热金属器械法：即用金属充填器等加热后置于牙上进行测试。

3）用旋转的橡皮轮打磨牙齿生热对已做金属冠修复的牙齿进行测试。

（3）测试部位：无论冷诊法或热诊法，其测试部位均应在牙齿的唇面或颊面近颈1/3处，因该处釉质较薄，易引起反应。

（二）特殊检查法

1. 电诊法　是将牙髓电测器的探头放在被测牙的唇面或颊面，用电刺激来兴奋牙髓内的神经成分，根据牙髓的反应来对牙髓的状态进行检查，用以判断是活髓还是死髓，但尚不能用以判断牙髓病变的性质。

（1）测试部位：牙髓电测器探头放置的部位应在牙冠唇（颊）面的中部，使电流能直接到达其下方的牙髓。如探头位置太靠近切缘或𬌗面，因其下无牙本质，易产生假阴性结果；而太靠近龈缘，则可能因电流直接传达到牙周膜而产生假阳性结果，电流大时还可能灼伤牙龈；还应注意勿将探头直接放在龋洞或暴露的牙本质上，也不能放在充填物、修复体上，以免产生假阳性或假阴性结果。

（2）测试方法：测试前将牙面吹干或擦干后隔湿，用小棉球蘸生理盐水或用牙膏放在测试部位充当导体。将探头放在导体上，从而开始逐渐加大电流强度到患者有感觉时移开电极，记录引起反应的电流强度读数。

由于正常牙髓的刺激阈因人而异，即使同一个人的不同牙其感受性也不同，甚至同一个牙每次测得的结果也不完全一样，因此在测试时，必须以同颌对侧同名牙、同侧对颌同名牙或邻牙作为对照；每个牙应测2～3次然后取其平均数。

（3）应用牙髓电测器的禁忌证：

1）受外伤后6周内的牙：由于牙髓神经处于暂时性的休克状态而抑制冲动的传导，易出现假阴性结果。

2）萌出不久的牙：由于根尖未发育完全，其牙髓对电流通常无反应，故不适宜用此法进行检查

3）有全冠修复的牙。

4）刚注射过麻醉药的牙。

5）安装有心脏起搏器的患者：牙髓电测器会干扰心脏起搏器的工作而诱发心律紊乱。

2. 牙透照法　用光导纤维的光源放在牙齿舌侧照射牙齿，借牙齿透光度的不同来检查其内部结构。正常牙髓呈透明均匀的淡红色；死髓牙则较暗而不透明；当有牙隐裂时，由于强光不能透过与光源垂直的牙折线，近光源的折片仍透明，远离光源的折片则暗，借此可判断有无近远中向牙隐裂。用此法还可对根管口及根管治疗的过程进行观察。

3. 牙胶尖示踪法　用牙胶尖蘸上表面麻醉剂插入窦道口或龈沟内，顺势推进，作X线照片检查，根据牙胶尖与牙齿的关系来确定窦道来源和有无牙周袋及其深度以区别根尖周或牙周病损。

4. X线检查　对牙髓病、根尖周病、牙周病的诊断、预后和疗效评价均有重要价值，是不可缺少的检查方法。

5. 研究模型　可直接观察牙齿的位置、形态、倾倒程度、颌面接触关系，食物嵌塞区以及超、覆𬌗情况，咬合关系，是治疗前牙体、牙周情况的重要记录和制定治疗计划和疗效评定的重要依据。

6. 细菌检查　了解牙周袋内细菌情况，作为治疗时的参考和病源菌的研究。

（1）刚果红负性染色法：除去龈上结石，用镰形洁牙器伸入牙周袋内刮取龈下菌斑，在玻片上滴一滴2%刚果红水溶液，将菌斑置于其内混匀，涂布在玻片3/4部分，自然干燥后在浓盐酸蒸汽上熏蒸到玻片变蓝，置光学显微镜下计数；计数菌200个，算出各类菌的百分比。

（2）暗视野显微镜检查：取内含1%明胶的0.85%氯化钠溶液一滴置于玻片上；另用无菌刮匙伸入袋内取龈下菌斑，置于玻片液体内混匀涂布，立即在暗视野显微镜下观察细菌，并计数菌100～200个，以此计算各类菌百分比。此法可观察活菌，应在30分钟内完成。

三、口腔修复检查方法

口腔修复患者的颌面部检查见口腔颌面外科检查部分，以下结合口腔修复的特点，介绍其方法和要求：

（一）口腔内检查方法

1. 口腔卫生情况的检查　了解患者口腔卫生习惯，检查菌斑、牙结石情况以及牙龈、牙周组织情况，必要时进行处理，以保证在良好的口腔卫生状况下进行各类修复治疗。

2. 缺牙区伤口愈合情况　检查拔牙创是否痊愈，牙槽嵴有无妨碍修复治疗的骨尖、倒凹、骨隆突等，牙槽骨吸收是否已趋于稳定阶段。

3. 余留牙的情况　对于牙列缺损的患者，应逐个对余留牙的数目、颜色、形态和位置进行检查，尤其是邻近缺隙的基牙．应着重检查以下几个方面：

（1）牙体缺损：牙体有无楔状缺损、牙折或隐裂；有无过度磨耗。

（2）牙髓及根尖周疾病：有无龋坏，牙髓有无活力，是否经过牙髓治疗及其方法和效果，有无叩痛或窦道。

（3）牙周情况：牙龈有无充血、水肿、增生或萎缩；有无牙周袋及其深度，有无溢脓等。

（4）牙齿松动度：分为三度记录，见口腔内科检查。

（5）邻面接触情况：接触点的位置、形态、大小及紧密程度及有无食物嵌塞观察。

（6）牙列情况：注意牙列的大小、形状及排列情况，有无错位牙，基牙有无移位、倾斜、伸长等现象。

（7）𬌗关系检查：检查正中𬌗位时上下的接触情况，是否为中性𬌗，前牙的覆𬌗、覆盖是否正常；左右侧𬌗平面是否均匀；中线是否偏斜，𬌗间隙大小有无异常以及有无𬌗干扰等。

（二）颌骨和牙槽骨的情况

1. 应注意颌骨的发育情况．下颌骨对上颌骨的位置关系，有无上颌前突，下颌前突或后缩等。

2. 牙槽嵴的关系，上下牙槽的大小是否协调，间距离是否过大或过小。

3. 有无颌骨和牙槽骨的缺损畸形以及缺损部位的范围以及对功能的影响。

（三）口腔粘膜及软组织检查

1. 检查口腔粘膜的色泽、厚度、移动性和韧性情况，注意有无炎症、溃疡及瘢痕。

2. 检查唇、颊、舌系带的形状及附着情况，是否影响修复体固位以明确在修复前是否需矫治。

3. 舌的大小、形态及活动情况。

4. 唾液的分泌情况，注意其量及粘稠度。

（四）原有修复体的情况

对戴有修复体的患者，应了解其要求重做的原因、检查其与口腔组织密合情况，外形是否协调，咬合关系是否正确，对牙龈、粘膜有无刺激以及戴后的功能情况。

（五）X线检查

检查余留牙体、牙周情况、牙槽骨吸收情况，有无影响修复的多余牙、错位牙、阻生牙及残根等；此外，必要时应进行颞颌关节X线片检查及头颅定位检查，了解颅、颌、面、牙的形态及其相互关系。

（六）模型检查

模型检查是修复前的必备检查，以仔细观察牙齿的位置、形态及𬌗关系等。必要时需将其上下颌模型在𬌗架上进行研究，制定修复治疗计划和设计修复体。

（七）咀嚼功能检查

牙列缺损或缺失后，随着咀嚼习惯的改变，若未及时修复，则出现不同程度的口颌系统功能紊乱，影响咀嚼功能。因此在修复前应检查咀嚼功能的降低程度，及其继发的下颌运动是否异常，下颌

正中𬌗位有无偏位等，为修复设计和治疗提供依据。常用的方法有以下几种：

1. 𬌗力检测　是评价口腔生理功能的指标之一，用以检测牙齿在咬合时发挥的力量。目前常用方法有电阻应变仪、声传感测量仪、压电薄膜式𬌗力测量仪、光咬合仪等测试法，其中应用光咬合仪不仅能对咬合“记忆”薄片上记录的全牙列各个𬌗接触点的𬌗力大小进行分析，同时还可分析𬌗接触情况、𬌗协调的程度、𬌗接触的力学特性等。判断𬌗是否有早期接触及𬌗创伤的具体部位，对修复治疗设计具有重要指导意义。

2. 咀嚼效能的检测　咀嚼效能是指在一定时间内将一定量的食物嚼碎的程度，直接反映咀嚼能力的大小，显示缺牙后咀嚼功能受影响的程度，还可对修复效果进行评价。常用的检测方法有：用五香豆作试料采用筛分法检测；用硬化明胶作试料采用比色法测定；用ATP颗粒剂吸光度法测定；用花生作试料，采用光栅分光光度计对其咀嚼后的花生半混悬液进行测定。简便准确，易于操作。

3. 下颌运动轨迹检测　每个人的下颌运动都有一定的特征，反映出牙列𬌗面形态，颞颌关节形态及咀嚼肌之间的功能关系。修复前对其进行检测，可为修复设计提供有价值的参考，根据不同患者的下颌运动特征选择与其相应的修复设计，能大大增强咀嚼效能；反之则可能造成基牙及其支持组织的损伤。

常用的检查下颌运动轨迹的方法是描记下颌切点运动轨迹，所用仪器有两种：mandibular kinesiography（简称MKG）和sirognathograph（简称SGG），可记录下颌运动的三维动度情况，如可记录下颌边缘运动，开闭口、前伸、侧向运动及运动速度，可用于下颌息止颌位与正中𬌗位关系的分析，𬌗间隙大小的检测，分析正中𬌗位是否稳定，有无滑移、偏位等；将SGG与计算机相连，应用相应软件程序还可对下颌运动进行定量研究。

4. 肌电图检查　咀嚼肌肌电图（electromyograph简称EMG）是研究口颌系统功能的重要手段之一，也是很有价值的手段，其能对下颌运动时各个咀嚼肌的功能状态及协同作用情况同时进行记录，对义齿修复前后进行EMG检查，能反映出咀嚼肌功能的恢复情况。

检查方法：将电板放在被检测的肌，引出电压，通过示波器显示图形，进行分析。电板分为表面电板和针电板两种，后者用于深部肌肉，如翼外肌。如果将咀嚼肌与MKG同步记录，可全面反映口颌系统情况；将其与微机相连，用特定软件可做定量研究。

四、口腔正畸检查方法

（一）一般检查

1. 牙、颌、面的检查

（1）面部：面部左右两侧是否对称；颏点是否偏斜；上、中、下三部分是否协调；面部尤其是颏部有无与颈部粘连的瘢痕；上、下唇有无形态异常，如唇短缩、翻卷、开唇露齿等。

（2）牙齿：牙齿的数目、大小、形态及发育情况，有无多生牙、先天性缺牙、牙齿萌出及替换顺序异常，位置或形态异常，以及有无龋坏，特别是邻面龋。

（3）牙周：牙龈色泽、形态、有无充血、水肿、增生、糜烂等现象；检查牙龈出血情况；测量龈沟深度，有无牙周袋；各面有无牙结石或软垢。

（4）牙𬌗关系：

1）牙齿的拥挤程度：即牙冠宽度的总和与牙弓现有弧形的长度之差，一般分为三度：

Ⅰ度拥挤：相差2～4mm。

Ⅱ度拥挤：相差5～9mm。

Ⅲ度拥挤：相差10mm以上。

2）正锁𬌗与反锁𬌗：后牙咬合时𬌗面无接触而呈上颌牙腭面与下颌牙颊面接触为正锁𬌗；上颌牙颊面与下颌牙舌面接触为反锁𬌗。

3）上下牙弓的近远中关系：根据上下第一恒磨牙咬合时的前后位置分为中性𬌗、近中𬌗和远中𬌗三种类型。

上颌第一恒磨牙近中颊尖咬合时位于下颌第一恒磨牙近、远中颊尖之间为中性𬌗；若其近中颊尖与后者远中颊尖相对则为开始近中𬌗；若是咬合于下第一、二恒磨牙之间则为完全近中𬌗。

4）上下前牙间的覆盖关系：检查前牙覆盖是否正常，有无深覆盖或反覆盖。

上下前牙切端间的前后距离超过3mm以上者，称为深覆盖，其分为Ⅲ度，

Ⅰ度深覆盖：覆盖为3～5mm。

Ⅱ度深覆盖：覆盖为5.1～8mm。

Ⅲ度深覆盖：覆盖为8mm以上。

反覆盖：下前牙切端位于上前牙切端之唇侧，常发生于下颌前突前牙反𬌗者。

5）上下牙弓的高度关系：前牙有无深覆𬌗或开𬌗。

上前牙冠切缘覆盖下前牙牙冠超过1/3者为深覆𬌗，亦分为三度。

上前牙牙冠覆盖下前牙牙冠超过1/3而不到1/2者为Ⅰ度深覆𬌗，超过1/2而不到2/3者为Ⅱ度深覆𬌗；而超过2/3以上者为Ⅲ度深𬌗。

上下前牙切端间无覆𬌗关系，垂直向呈现间隙者为前牙开𬌗，开𬌗亦分为三度。

上下切牙切端间垂直向间隙在3mm以内为Ⅰ度开𬌗；在3～5mm之间者为Ⅱ度开𬌗；在5mm以上者为Ⅲ度开𬌗。

（5）颌部软硬组织：

1）上下颌形态、大小、位置：有无上颌前突或发育不足，下颌前突或后缩。

2）牙槽、基骨及腭盖情况：牙槽的突度、基骨的丰满度及腭盖高度等。

3）唇舌系带：唇系带的位置有否过低，舌系带是否过短等。

4）舌体大小、形态有无异常。

5）腭、软腭发育情况：有无腭裂及修复情况。

6）吞咽及发音功能是否正常。

（6）在正中𬌗位和正中关系之间有无𬌗干扰；前伸运动时后牙有无𬌗干扰；侧方运动时，平衡侧有无𬌗干扰。

（7）检查有无颞颌关节的症状及体征。

（8）其他：包括颌周肌肉运动功能和下颌运动等情况。

2. 全身情况

（1）精神状态：有无面色异常、精神不振及智力发育障碍等。

（2）生长发育情况：身高、体重、体型、发育分布及青少年女性患者的月经初潮年龄等。

（3）有无全身性疾病及系统性疾病：应了解幼儿期是否患过癫痫、风湿病、佝偻病、血友病、心脏病、肾病及内分泌系统的疾病等；婴幼儿期有无颏部外伤致颞颌关节损伤史；有无上、下颌骨感染等影响牙颌发育的疾病史。

（4）有无鼻咽部疾病：如鼻炎、扁桃体肥大等。

（5）有无伸舌、吮指、咬唇、吮唇、张口呼吸等不良习惯。

3. 家族史

（1）了解患者的父母、直接亲属及旁系亲属的牙颌情况，有无类似牙颌畸形者；了解有无遗传性因素。

（2）了解母亲妊娠时的年龄、健康及营养状况、使用药物情况；有无接触放射线；是否顺产等情况。

（二）特殊检查

1. 牙𬌗模型　在矫治前取得准确而清晰的牙𬌗模型，完整记录牙齿、移行皱褶、唇颊系带和腭盖等牙𬌗信息，作为记存模型，通过对牙齿、牙弓的测量分析，为错𬌗畸形的诊断和治疗设计提供依据；并在复诊时用记存模型作为对照，以观察矫治进展情况。在一个阶段的矫治完成后或更改设计时，应再取一副记存模型；矫治完成后取完成记存模型，作为以后复诊观察有无复发的参考。

如果是设计活动矫治器，则还应取一副工作模型，在模型上设计并制作矫治器。

2. X线片检查

（1）牙片及咬合片：显示牙的龋坏、牙胚发育、牙长轴倾斜；牙根有无吸收、牙周情况及多生牙、缺失牙、阻生牙或腭裂间隙等情况。

（2）全颌曲面体层摄影：可全面观察上下颌牙齿的数目、牙胚发育情况，两侧颌骨的对称性。

（3）头颅正位片：为定位片，以观察颅面横向和垂直向关系有无异常，如宽度、对称性等。

（4）头颅侧位片：也是定位片，是正畸学中应用最为广泛的X线头影测量技术，尤其是近年随着计算机X线头影测量系统的开发与在正畸临床和科研工作中的广泛应用，已经成为颅颌面生长发育研究的重要手段，对牙、颌、面、颅之间相互关系及形态结构的变化判断更加准确，从而制定出正确可行的矫治方案。

（5）颞颌关节开闭口位片：也称为薛氏位片，以显示双侧关节结节、关节间隙、关节凹和髁突的情况。

（6）手腕部X线片：一般照左手腕部，通过腕部各骨的钙化情况的分析，了解全身的生长发育

情况，以知晓儿童骨龄与年龄的关系，明确是否处于快速生长期以决定矫治的最佳时机，一般认为拇指尺侧籽骨开始骨化是青春迸发期的可靠指征。

(7) 三维 CT (Three-demientional computerixed tomography)：对显示颅面骨形态、结构的变化有客观、直接、准确的优点，已做为正颌外科诊断、手术治疗设计和评价的重要手段。

3. 面殆照相

(1) 面像：包括正面像和侧面像及定位像，显示面部高度、左右发育是否对称、面型及侧面凸度、深度和下颌的斜度、颏部的突度等，作为治疗前、中、后面型改变的对比记录。

(2) 口内牙殆像：记录牙齿位置、牙体、牙周、牙弓形态及咬合情况，可照正面、左侧、右侧、咬合位、上下颌牙弓等。

4. 肌电检查　对需要了解颌周系统的肌肉功能或使用功能性矫治器，或有肌肉活动异常者，则应进行此项检查，以利提高诊断和矫治设计水平，保证矫治效果。

5. 下颌运动测试　利用下颌运动仪测量检查下颌运动情况，作为区分错殆是骨骼型还是功能型的辅助诊断方法。

（王晓毅）

第二章　口腔颌面 X 线检查诊断

第一节　概　　述

X 线检查是口腔颌面部疾病的重要诊断方法之一，通过病变组织的密度改变，经 X 线的穿透显示出密度不同的黑白图像，发现组织器官的病理变化，以便达到诊断的目的，使病人得到及时的治疗。尽管现代医学的发展使影像学进入了新的阶段，检查手段十分先进，但传统的 X 线检查在临床上也占有重要的地位。

X 线检查不仅可以诊断疾病，而且有助于治疗方案的确定和治疗前后疗效对比观察。但 X 线影像是各种组织的重叠的平面影像，在诊断上容易造成混淆，对影像的解释存在一定的困难，因此不能单纯依靠 X 线作最后的诊断，应结合临床症状、体征和病理检查，全面分析作出结论。

一、口腔颌面 X 线诊断的进展

自 1895 年 12 月 28 日 Roentgen 发现 X 线后，很快就应用于医学诊断上。1896 年 4 月 Kells 即首先用于牙齿的照片，同时 Kells 和 Morton 皆展示了牙科诊断用的 X 线机。随着口腔医学和 X 线诊断学的发展，口腔颌面检查的 X 线设备也得到不断的更新，如牙科 X 线机，其球管窗口处改为圆形或矩形的遮线筒和电子定时控制。90 年代生产出数字化 X 线成像系统，具有很高的图像分辨率，不需用 X 线胶片，提高诊断效率，减少 X 线辐射剂量和环境污染。

当今 X 线诊断学已向医学影像学发展，X 线检查范围扩大，方法增多，不仅包括上、下颌骨，还有颜面诸骨、头颅骨、颞下颌关节、颌面部软组织、涎腺及颈上 1/3 部位。单一的平片摄影远远不能满足临床要求，体层摄影、数字减影摄影、曲面体层摄影、CT、MRI 及各种造影检查都应用于口腔颌面部。

体层摄影（Tomography）自 1930 年由意大利的 Vellebonna 发明后，即用于颞下颌关节疾病的诊断。目前常用作上颌骨、颞下凹等部位的检查。体层摄影一次曝光只能获得所选定的一个体层组织像，不能一次拍摄双侧颌骨和全口牙及牙周的照片。50 年代中期由芬兰 Peatero 利用体层摄影的原理，根据颌骨呈弓形设计出曲面体层机，X 线管和胶片移动的轨迹为弧形运动，一次曝光能拍摄出上、下左右全颌骨及牙列影像，又称全景摄影。但不能与颌骨的影像吻合。随后根据颌骨的马蹄形又设计出二轴转换体层，利用一轴拍摄左侧，一轴拍摄右侧，然后切除胶片的前面的空白处，再将两侧粘合在一起进行诊断，这种方法比较繁琐。为了更真实地反映颌骨的情况，设计出三轴连续转换的曲面体层摄影，使操作更简便，获得的图像更清晰。随着计算机技术的发展，数字化的全景和头颅定位遥控摄像为一体的 X 线机应运而生，不仅极大地减少辐射剂量，还拓宽了诊断范围，获得准确可靠的信息。曲面体层摄影已成为口腔 X 线诊断必不可少的一个手段，在国内外广泛使用。

口腔体腔摄影（Panagraphy）是将 X 线源放在口腔内，球管头可以旋转。胶片放在软的、可弯曲的塑料袋内与面部贴合，一次曝光仅可显示上颌或下颌的全牙列影像，不能包括下颌升支部及髁状突，而且影像放大较显著，其清晰度和锐利度均较差。目前国内外很少使用，而更多地采用曲面体层摄影。

X 线头影测量片（Cephalometric Radiography）是拍摄标准的颅颌面的正、侧位 X 线影像，要求拍摄的影像放大率最小，左右两侧结构尽量重叠，在清楚显示骨性结构的同时，还必须显示颌面部软组织的轮廓，以便进行测量分析，研究颅颌面生长发育情况。头颅定位摄影于 1931 年由 Broadbent 所创用，60 年代国内才开始应用，近年来已成为工作中不可缺少的方法。目前计算机测量已广泛使用。

CT（computedtomography）是由 Hounsfield1971

年首创，1972年在英国首先应用于临床。其优点是分辨率高，定位准确，图像清晰，被认为是一个划时代的重要创举。目前CT已成为医学影像检查的重要手段，广泛应用于全身各部位疾病的检查。由于CT检查能显示软组织结构及深部的间隙，能进行冠状、矢状及水平方向扫描，对图像进行三维重建，故在颌面部主要用于颞下颌关节、颞下窝、翼腭窝、鼻窦、颅底、涎腺等疾病的检查。

在20世纪末，又推出了新型的口腔颌面部CT，它是口腔颌面专用设备，性能卓越，它采用一种新的数字化处理的锥型射线束技术，高清晰度，高分辨率，三维全景图像，并可实时成像。全部操作由计算机控制，采用精确的激光病人定位系统，精细的几何学测量，极方便地进行轴向、横向及各种倾斜角度的切面体层扫描。使用这种专用CT，将对口腔颌面系统的诊断、治疗及科研起到良好的推动作用。

计算机图像处理技术在口腔颌面部也有所开展应用。因为在临床诊断过程中，人眼对X线片微细变化的范围和对比度的识别是有限的。由于计算机技术的迅速发展，可以补偿人的视觉系统的某些不足。

数字图像处理（digital image processing）是用数字把计算机对X线图像进行加工处理，易于消除图像变形；应用高分辨率图像增强技术，能够显示在普通X线片上显示不出的特征；可以通过对比度增强，分区输入以及图像放大等功能调整图像，以增强可视性。可作灰度处理，降低图像噪声，提高空间分辨率，使图像结构清晰，对比度好，轮廓分明。还可作伪彩色变换（psendcolor），因为如果将不同的灰度分别用不同颜色表达，则人眼可识别多达1000多种颜色。将X线片的灰度图像转变为颜色表示的图像时，人眼的分辨度可提高10倍。华西医科大学口腔医院已初步应用，认为这确是观察X线片行之有效的新方法之一。因为经过处理后，可以使模糊的图像变得清晰，使色调单一的黑白图像变成彩色图像，有利于对各种X线片图像中的信息作比较精确的分析判读，并能明显地提高人眼对图像中的不同信息的识别能力。

口腔颌面部造影检查技术50年代只开展涎腺造影，现在颞下颌关节造影已经广泛应用，造影方法也有多种，如上腔、下腔、上下腔双重造影等。另外，颌面部血管瘤腔造影、血管造影、咽腔造影、囊腔造影、上颌窦腔造影及瘘道造影等，也广泛应用于临床。

总之，X线诊断手段甚多，各具有其特性和用途，各有所长，它们不能互相代替，而是互相补充、互相印证，扬长避短，才能提高诊断的准确性。在临床应用时，应根据不同疾病的需要，选择最简便、最经济的检查方法。

二、X线诊断的原则和方法

X线诊断是对X线影像进行观察和认识的过程，探讨其所反映的病理实质，无论是专职放射科医生还是临床医生都应掌握如何阅读X线片，如何分析影像及作出诊断的原则和方法，还应懂得X线影像的特征。

X线检查是临床工作中的一个重要的诊断方法，许多疾病都可以通过X线检查得到确诊。但也防止另一种倾向，即不恰当地过分强调X线检查的作用，而不重视病史、检查体征及其他化验检查等。因为具有典型特征的X线影像是不多的，即使有典型的X线表现，仍必须结合病史和临床资料。因为X线穿透的是立体的、复杂的人体结构，而在X线胶片上形成的仅为一张有各层组织重叠的平面像。由于投影的效果受投照方位的影响，故必须懂得同一个组织或器官在不同的投照方向上有不同的成像规律。如上颌骨在正位片上，表现为中空含气呈倒三角形的低密度的窦腔，而在侧位片上则表现为角圆的四方形，其各壁呈线状致密的影像。由于人体有高低各种密度的组织结构，在一张由多层组织重叠的影像中，其结果是高密度组织掩盖低密度的影像；不均匀的影像掩盖均匀的影像。如在牙片上，由于牙根密度高而将颊和舌侧的牙槽骨板掩盖，因而不能显示，颊和舌侧的软组织也因颌骨与牙的重叠掩盖而不能显示；头测量片也只能在侧位像上才能显示面前部软组织的轮廓，而正位像上则不能显示。X线影像是病理变化在X线片上的表现，病变必须达到一定体积大小和一定程度的密度差异的改变，方能在X线片上显示出来。故有些早期的或急性病变，往往临床症状很明显，而X线检查可为阴性。例如急性化脓性颌骨骨髓炎的初期，X线检查往往是阴性。因此在进行

X线诊断时，必须注意X线影像与临床症状的时间关系。反之，有些慢性疾病的X线表现早于临床症状。X线影像主要是通过病变组织密度的变化而反映出来，因而不同的病变可表现出相似的X线征象，例如很多疾病均可表现为颌骨的囊性破坏；而同一种疾病也可出现不相同的X线征象。例如，成釉细胞瘤可有几种不同的X线表现。所以X线诊断不能代替病理组织学的诊断。

优质的X线影像要受到多种因素的影响。如投照时电流和电压选择不当，造成胶片过黑或过白，影响诊断质量。投照角度和方向不正确，造成影像变长或缩短、相互重叠；暗室技术不当，显影时间过长或过短，可使胶片过黑或过白；药水污染形成伪影而造成误诊；或由于胶片过期，药水疲劳，增感屏使用时间过长，暗室红灯亮度过大等均可影响影像的质量。

分析诊断X线片的步骤：

1. 全面观片，分析解释X线影像

(1) 首先查对姓名、性别、年龄、片号及摄片日期，核对部位。应准确识别上颌、下颌、左右侧、恒牙或乳牙、恒牙胚与乳牙的关系。检查投照位置是否准确，照片质量是否合格，是否有移动性昏影，牙体有无放长、缩短或变形。X线片的黑白对比度、清晰度、锐利度和细致度是否良好，即不同密度的各种组织的层次是否分明，如牙釉质、牙本质、髓腔和根管等是否清楚，骨小梁牙周膜间隙、硬板等是否清晰可见。对一些由于技术问题所产生的缺点和伪影应能辨别，以免将其误诊为病变。

(2) 按一定顺序全面系统化、客观化、有重点地进行观片。应从牙位、牙列、牙冠、牙根及根尖周、牙及颌骨形态、软组织、骨膜、骨皮质、骨松质、骨髓腔等方面有秩序地观察。如对全口牙片的观察，则应先将10张全口牙片，按病人口腔上颌、下颌、前牙、后牙、右侧、左侧的秩序整理排列好，然后依次观片。在观片过程中，不要为一些明显而不重要的影像所吸引，而忽视了一些细致的、不甚明显的但很重要的影像。这就要求首先必须熟悉正常的X线解剖投影，在此基础上才能发现异常，否则会将正常的骨孔、骨缝等误认为病变，甚至将多根牙的牙根互相重叠误认为根折。观片时绝不能主观，也不能受临床诊断先入为主的影响，一定要根据客观的影像认真地进行分析解释X线影像的病理实质。

(3) 对发现的异常影像应从形态和密度及功能等方面去观察分析，具体可从这几方面进行：①病变的部位。应正确鉴别和确定其左右。因颌面部多为左右成对结构，否则有可能将正常侧误认为患侧，或将患侧误认为健侧，以致造成治疗上的错误。②病变的数目是单发还是多发。③病变的形状。规则或不规则，一般形状规则的病变多为良性或慢性疾病。④病变的密度。观察骨质是否因破坏或吸收形成的低密度影，或由于软组织增生，软组织性质的包块的中等密度或是骨质增生形成的高密度及密度是否均匀。如慢性化脓性骨髓炎，不仅有骨质不规则的破坏，同时有骨膜增生，骨质破坏区内往往还有死骨，故密度不均匀；而颌骨癌则只有破坏，没有增生也无死骨。发生于下颌骨的囊肿则表现为均匀的低密度；成釉细胞瘤和其他囊性肿瘤病变区常不均匀。如发生于上颌的囊肿累及上颌窦时，可见窦腔昏暗形成软性中等密度的包块影。⑤病变的大小与范围，可用测量方法计算其平方面积，或用实物比喻，最好从解剖标志上确定其范围。⑥病变的边界，是否清楚、整齐、光滑锐利，如慢性与良性疾病，其边界清楚整齐而较光滑；而急性与恶性疾病，往往边界不整齐如虫蚀状，表现为侵蚀性破坏；颌骨囊肿多为整齐光滑，骨壁完整；成釉细胞瘤的边界常常不平整，呈切迹或分叶状；恶性肿瘤骨质破坏的边界呈侵蚀状。⑦病变与邻牙及周围组织的关系，就颌骨而论，有无膨胀畸形，牙有无被挤压移位，与软组织和邻近窦腔的关系，以及病变是否越过中线侵及对侧。如系上颌骨病变则必须注意是否累及上颌窦、鼻腔、眼眶、筛窦、颅底及口咽腔等。⑧病变是否造成功能障碍，如咬合错乱，张口受限等。

2. 结合临床资料，具体分析，判断推理作出诊断。对X线片进行全面观察后，如发现X线片上一些异常影像，应分析这些影像是什么病变造成的，如何解释，必须结合临床资料综合分析，以病理学为依据。仅有少数病变X线影像具有特征性，而大多数情况是多种疾病皆可表现相似的X线征象。如骨质破坏可为骨髓炎、结核、或者是肿瘤当遇到X线检查与其他资料不一致的时候，就需要研究各种资料的可靠性，分析不一致的原因。也

要防止完全跟着临床印象作牵强附会的结论，导致错误的诊断，同时也必须防止单纯依靠X线作出诊断。

对X线进行全面系统观察，并作具体分析后，最初都应考虑到几种可能性：①肯定性诊断：经过X线检查，发现有特征性典型的病症，如牙折、骨质、龋病、涎石等。②否定性诊断：经过X线检查，排除了某些疾病，如颌骨照片未发现骨质异常，如胸部检查，心肺未见异常，但应注意它有局限性；早期细微的病变不能完全排除，如骨髓炎早期的骨破坏；又如早期的肺转移病变，因投照条件过大，穿透过甚则不容易发现。③可能性诊断：经过X线检查，发现有异常病症，但目前根据临床、X线综合分析，尚不能判断确为某个疾病。这时需要写出几种可能性，按可能的程度依次排列。如下颌骨表现不太规则的囊性病变，它可能为囊肿或囊性肿瘤；如在肺上部的球形病灶，可能为结核或肺癌，在这种情况下，就不要轻易作出结论，或者提出一个以何者可能性最大，并建议临床进一步再作其他检查。

三、X线检查工作中的防护

（一）防护的意义

在X线广泛应用于临床工作的同时，应该注意到X线对人体组织产生的生物效应。它能用于诊断疾病、治疗癌症，也能导致癌症或其他损害。虽然医用诊断X线照射量小，一般是符合卫生防护规定的容许剂量范围，不会构成对组织器官的明显损害。但由于机体的差异，或由于防护不当，也可以造成机体的损害。因为X线对人体造成的是积累性反应，其损害的生物效应，往往不是在照射后立即表现出来，仅少数敏感的个体可能较早出现异常改变，而更多的是有很长的潜伏期，有可能长达10年、20年或更长时间后才能表现出症状。

X线对人体造成损伤的组织和器官，主要是对骨髓、晶状体、甲状腺、性腺及皮肤的影响。国际放射防护组织（ICRP）提出公众每年接受辐射不应超过1毫希沃特（Sievert）（对于X线来说1mSv＝1mGy），晶状体每年辐射剂量不得超过15mSv（X线约15000μGy），皮肤不得超过50mSv（约50000μGy）的限值。如小剂量X线照射时，对受检者特别是儿童骨髓造成潜在的放射性损害而导致白血病的发生。有作者报告，对儿童进行50mGy全身照射时，导致白血病的危险性增加；亦有作者报告很多白血病患者并未接受过X线检查。眼睛放射性损害的潜在危险是导致白内障，潜伏期10年左右。晶状体接受照射剂量在15mSv以下是安全的。有作者报告认为，拍摄牙片、全景片、头影测量片时，晶状体接受的照射剂量远远低于此剂量。X线照射对皮肤的潜在危险是导致皮肤癌。当照射剂量超过250mGy时发生皮肤癌的危险明显增加。一般认为口腔常规拍片皮肤所接受的照射剂量均大大低于安全剂量。过去也曾有报告，操作者在拍摄牙片时多次帮助病人，用手指固定X线胶片，而导致手指的皮肤癌的发生。X线对甲状腺则可能引发甲状腺癌。Silverman和Hoffman（1975）观察到，在儿童时期甲状腺区域曾接受过60mGy以上的照射剂量的人群中，甲状腺癌的发生率增高，但未得到进一步证实。过去牙片拍摄用锥形集光筒，甲状腺接受剂量约为300μGy，现在用圆柱形集光筒投照，接受剂量大大减少，仅为70μGy。X线对生殖系统的潜在损害是基因变异或基因缺陷，并在后代遗传中发生发育障碍。口腔颌面X线检查时，性腺部位虽然不是接受直接的照射，但也应该防护。

尽管有关诊断用小剂量X线对人体所造成损害的各种研究报告，结论不尽相同，但接受过X线检查的人群比没有接受过X线检查的人群、没有防护条件或较差的比防护条件好的人群其发生有关疾病的发病率增高则是显而易见的。以前对牙片拍摄需要防护的必要性认识不足，甚至错误认为小牙片照射量小，不需要防护。有文献报道，无论X线照射的辐射量的大小，均对人体组织产生潜在的不良效应，接受的辐射剂量愈大，次数愈多，受照射人群发生生物学损害愈大。所以在口腔颌面X线检查时，必须重视防护和设置可靠的防护措施。最根本的方法是减少照射量，特别是牙片摄片率在口腔门诊病人中较高，从整个社会遗传效应的角度来考虑，应对X线检查者尤其是儿童和孕妇应给予足够的重视。但也不应对X线产生过分的顾虑和畏惧，关键在于必须采取有效的防护措施。

（二）防护方法与措施

X线防护，应包括对一次射线即原发射线和二

次射线即继发射线的防护。在口腔X线检查工作中，应按照医用诊断X线卫生防护标准规定，配置必要的防护措施，可采用以下方法：

1.X线机房应有一定的面积，一般100mA以下的不应小于24平方米，200mA以上的不小于36平方米；多管头X线机房面积可酌情扩大。拍摄牙片的X线机房必须放置在有防护设备的机房。X线机房的设置必须充分考虑周围环境的安全，一般可设在建筑物底层的一端。摄影机房中有用线束朝向的墙壁应有2mm铅当量的防护厚度，其他墙壁和屋顶应有1mm铅当量的防护厚度，机房的门、窗必须合理设置，同样要有合适铅当量的防护厚度，特别是机房应加铅皮。

2.为保证X线管无射线漏出，凡是X线机生产出来都必须经过测试，X线管头组装体应有足够铅当量防护层，以便距焦点1m处漏射线空气照射量率不大于2.58×10^{-5}C·kg/h。牙科专用X线机球管也要求漏射线不超过6.45×10^{-6}C/kg。

3.使用铝过滤板 在X线机球管头窗口处，放置具有一定厚度铅当量的铝过滤片（aluminum-filter）。其作用是吸收过滤从球管发射出的波长较长而穿透力不强的无用射线。因为自球管阳极靶面产生的射线，有不同的波长，其中大多为波长能穿透被照射部位达到成像物质者，才能形成影像，这部分称为有效射线；而另一些波长较长的射线，不能穿透人体成像者，则称为无效射线，它不仅不能成像，反而会对人体产生不良的生物效应，这种软射线，易被皮肤吸收，对皮肤损害大，同时使照片产生灰雾而不清晰，故必须使用铝滤片。国家卫生防护规定，70kV、100mA以下的X线机必须有1.5mm厚度的铝过滤板；70kV、100mA以上的X线机必须有2.5mm厚度的铝过滤板，使用铝过滤板可减少患者身体曝光量的50%左右。

4.准直器（collimator）的使用 准直器的作用是根据摄片范围大小调节限制X线束的照射野。一般分为遮线筒（集光筒）和自动限线调节两种。因为从球管窗口射出的呈圆锥形的线束范围，往往超过投照部位的身体面积，会使过多的部位受到一次射线的直接照射，对人体造成过大的不必要的损害。集光筒和限线器可严格按照投照范围的大小，调节控制X线束照射野的大小。过去牙科X线机球管使用的锥尖，其照射野过大且无防护作用，故现代牙科X线机球管已改用具有0.5mm铅当量的防护层呈圆柱形或矩形遮线筒（rectangularcone），其照射野范围不得超过70mm。

5.使用高速、高敏度X线胶片和高敏度的增感屏。从实践中证实只用高速、高敏度的胶片就可以明显减少照射量，目前国内外推荐使用E速胶片比使用D速胶片照射量减少40%～50%。如用高敏度胶片和高速增感屏组合则能更多地降低照射量，如牙片可降低70%左右。

6.建立照片质量保证和控制的制度，是保证获得良好的X线照片、减少重照率和患者接受X线照射量的重要条件。同时加强暗室操作的规范化，这也是保证照片质量的重要保证

7.屏蔽防护 摄片过程中X线工作者必须在屏蔽室内进行曝光。屏蔽室的墙壁要求有一定的铅当量厚度，以确保屏蔽室的安全。患者最好使用铅围裙或铅围领，特别是儿童和孕妇更应使用。穿戴铅围裙可以减少散射线对胸部、腹部的照射，认为因此可减少对生殖器官照射量的98%；戴铅围领可减少对甲状腺照射量的90%。

总之，医务工作者必须尽量避免对患者进行不必要的X线检查，属于可照与可不照的情况，尽量不照；在必须进行X线检查时，应尽量做好防护工作，以保障人民的健康。

第二节 口腔颌面X线检查种类

一、X 线 平 片

平片（plain film）包括口内片和口外片两种。口内片包括根尖片、翼片、𬌗片等；口外片包括双侧上、下颌迟牙口外片，下颌骨侧位片，下颌骨后前位片，下颌骨开口后前位片、下颌骨升支切线位片，华特位片，鼻骨侧位片，眼眶正位片，颞下颌关节侧斜位（许勒位）片，髁状突经咽侧位片，颅底位片，颧弓位片，头颅后前位及头颅侧位片，口腔体腔片等。

根尖片是口腔颌面部应用最为广泛的一种检查方法。根尖片的投照采用分角线投照及平行投照技术两种。平行投照要求投照时胶片与牙长轴平行，中心射线垂直牙长轴及胶片，为了得到准确、真实的影像，焦点与胶片距离要尽量延长。临床应用时

常需一个较长的遮线筒，同时还需配备不同部位的持片器，投照程序较复杂，而且上下颌骨的形状不一样也造成投照的困难。目前作为科研照片使用较多。临床上最常使用的是分角线技术，由于根尖片拍摄时胶片安放不可能完全与牙长轴平行，中心射线垂直通过牙或胶片都会造成牙影像的失真，所以采用分角线投照，即X线中心射线垂直通过胶片与牙之间的假想的分角线，才能得到牙的正确长度，为临床治疗提供准确的信息。

1. 病人的体位投照上颌牙要求鼻翼-耳屏线与地面平行，下颌牙要求口角-耳屏线与地面平行。

2. 胶片的安放胶片应超过合面5mm左右，紧贴被照牙的舌/腭侧，前牙竖放，后牙横放。上颌牙用对侧大拇指、下颌牙用食指固定。

3. 胶片的选择根据我们对临床上常用的几种牙片的性能测试结果表明，各种胶片间的差异较大，感绿片各项性能指标均高于感蓝片。我们建议最好使用感绿片，可极大地减少辐射剂量。

4. 临床牙片投照常见问题及解决方法

(1) 牙变长或变短，临床上常可见到，其原因是中心射线的垂直角度不准确所致。当垂直角度过小，牙影像变长，角度越小，影像越长；垂直角度过大，则牙影像变短，角度越大，影像越短。投照时由于病人的体位不正确，没有保证鼻翼-耳屏线和口角-耳屏线与地面平行，即使使用了正确的角度投照，也会造成牙的影像变形。投照时还应了解病人腭部和口底深度情况，否则也会影响牙的影像的真实度。如腭盖比较深，胶片在口内的位置较为垂直，这时X线的倾斜角度应该减少；而腭盖低平、无牙船及口底较浅的病人胶片在口内的位置较平，X线的倾斜角度应该增加；儿童因牙弓发育尚未完成，投照时也应加大垂直角度。此外，牙的轴向变化也会影响投照角度。

解决方法：①投照前调整好病人的体位；②根据不同病人的口腔内的解剖形态，采取相应的角度调整；③深覆船的病人应减少投照角度，超船的病人应增加投照角度；④遵循牙片投照的原则，投照前看清楚球管上的刻度显示，确定后不要再旋转球管。

(2) 牙影像相互重叠X线中心射线不能平行通过被照牙的牙间隙，而向近中或远中倾斜，就容易造成牙的影像相互重叠，使牙的近远中面及牙周膜、骨硬板均不能清楚显示，影响临床诊断

解决方法根据病人的体表标志将球管正对被照牙进行投照。上颌牙球管的中心应正对鼻小柱与颧突的连线上，下颌牙应正对距下颌下缘上方1cm的假想连线上。特别在牙弓转折处，更应注意球管中心的位置。

(3) 牙不能显示完全，造成这种情况的原因有两种，一是球管的位置不正确，中心射线未正对被照牙，球管过高或过低，牙冠和牙根显示不全；如果球管未对准牙片的中心部位或球管安放后发生移动，胶片的一部分就不能曝光而表现为白片。另一种是牙片安放的位置不正确或病人口底深浅的情况不一样，而导致胶片不能正确的安放

解决方法严格按照病人的体表标志安放球管，使中心射线正对胶片的中心；胶片安放时一定要在船面留出5mm左右的宽度，如病人口底过浅，胶片不能按照正常方式放入口腔，应加大投照角度，使牙影像能完全显示。

(4) 阻生牙的投照：由于其阻生位置关系，常常造成投照的困难，特别是上下颌第三磨牙。胶片的安放位置接近咽侧壁，容易造成病人的咽反射活动，导致所要了解的阻生牙不能完全显示；另外病人伴随冠周炎时常有张口受限，使胶片放入更加困难。

解决方法首先工作人员应有耐心，操作应轻柔，照片时先将胶片放在第一磨牙的位置，等病人适应后再向后送入到所需部位。如果实在不能放入，则只有改变球管的角度，将球管由后向前倾斜10°左右，使牙影像能完全显示在片子上。对下轻度张口受限的病人应将胶片稍弯曲成弧形放入口内的所需位置进行投照。如果病人是中度甚至重度张口受限，则需通过口外照片，或用曲面体层片。

(5) 牙片影像发黑、发白或发灰这是临床工作中比较常见的情况，尤其是基层单位更为多见。影像发黑是由于曝光因素过大或药水温度过高所致，相反曝光因素过小或温度过低则造成影像发白；胶片灰雾度大可能是胶片过期、药水疲劳或曝光量不够，显影时间过长所致。

解决方法首先建立质控标准，使之规范化、制度化；选择合适的胶片和曝光条件，注意胶片的质量和保质期；根据牙片的照片数量，定期更换药水，同时保证药水的温度。

二、体层摄影

包括平面体层摄影检查（plaintomography）和曲面体层摄影检查（pantomography）。

1. 平面体层摄影 平面体层摄影包括上颌侧位体层摄影，上颌后前位体层摄影，下颌升支侧位体层摄影，颞下颌关节正、侧位体层摄影等。

2. 曲面体层摄影 曲面体层摄影为口腔颌面影像学特有的一种检查方法。检查时将检查体置于X线球管和胶片之间，X线球管与胶片按被检查体的弧度作相反方向运动，从而拍摄这个弧形组织层弧形面的体层影像。曲面体层摄影的优点为：①一次曝光即可将全口牙及双侧上、下颌骨、上颌窦及颞下颌关节等部位的体层影像显示于一张胶片上。因此，常用于口腔颌面部肿瘤、外伤、炎症及颌骨畸形的检查，有利于综合对比分析；②较拍摄全口根尖片放射量明显减少。

自90年代初以来，曲面体层X线机有了进一步的发展，主要在两个方面：①在原有曲面体层X线机上，增加新的软件、扩大拍摄功能；②改变机型，使曲面体层X线机具有多种拍摄功能，如在原有曲面体层机摄影功能的基础上，增加颌骨横断面体层摄影，主要用于牙种植术前、后检查；再如可根据颞下颌关节解剖形态，在一张胶片上同时拍摄双侧颞下颌关节矫正侧位体层及开闭口位片等。近几年来发展为数字化曲面体层摄影，图像经计算机处理后更为清晰。

三、X线头影测量片

随着口腔正畸学的发展，X线头影测量片（cephalometric roent-genogram）成为正畸治疗前必不可少的检查方法。20世纪60年代初引入国内。80年代将计算机技术与X线头影测量分析技术相结合，用数字化仪将各标志点直接输入计算机内，获得所需的数据。90年代中期，随着数字化X线机的产生，可通过影像板将信息输入计算机，直接获得各种资料，通过分析错𬌗畸形的X线表现，作出正确的矫治计划。

头颅定位仪是X线头影测量必需的设备，它不仅要求患者的头颅保持在正确的位置，而且要有良好的重复性，才能保证正畸治疗前、中、后测量结果的可靠性。经过近年的改进，其结构愈趋精密准确。

1. 侧位 患者采用坐位或立位，调整机器的位置，使两侧耳塞能准确放入外耳道内。眶针指在眶下缘最低点，头矢状面与胶片平行。嘱患者后牙咬好，进行投照。焦点胶片距离为180cm左右。

2. 正位 将头颅定位仪的方向旋转90°，患者面向暗盒，两侧耳塞放入外耳道内，保证头矢状面与胶片垂直，同时使听眶线亦与暗盒垂直。

四、造影检查

口腔颌面部造影检查包括涎腺造影术（sialography），颞下颌关节造影术（arthrography of temporomandibular joint），血管造影术（angiography），鼻咽腔造影、囊腔造影、窦腔、窦道及瘘管造影术。本节将重点介绍涎腺、颞下颌关节及血管造影术。

（一）涎腺造影

普通涎腺造影

一般只限于腮腺及颌下腺，因为它们有较大的导管口，可供注射造影剂。

【适应证】 涎腺的慢性炎症、Sjögren综合征(Sjögren's syndrome)、涎腺良性肥大、肿瘤、涎瘘、导管阴性结石以及需要确定涎腺周围组织病变是否已侵及腺体和(或)导管时，均可行涎腺造影。

【禁忌证】 对碘过敏者及涎腺急性炎症期为涎腺造影禁忌证。此外，阳性涎腺导管结石，为避免注射造影剂时将结石向后推移，一般亦不宜进行涎腺造影检查。

【造影技术】

腮腺造影

首先将颊部向外牵开，找到导管口，用0.5%碘伏在导管口局部粘膜消毒，用一特制针头（可用头皮针磨光滑、平钝）经一充满造影剂的细软塑料导管与装有造影剂的注射器相连接。在以圆头探针扩张导管口后，将上述针头插入导管口，嘱患者咬住针头翼片以固定针头。为便于咬合固定，常在翼片下方置一小纱布卷。缓慢注射60%泛影葡胺，成人一般用量约1.5ml，但常需根据病变性质及患者年龄和反应情况加以调整。注射完毕后，擦净溢至口内的少量造影剂，嘱患者闭口，立即拍片。如

用油剂造影剂（40%碘化油）时，则将造影用针头直接与注射器相连接，注射完毕后，用纱卷压住导管口，拔出针头，擦净溢至口内之造影剂，嘱患者闭口，即可拍片。

颌下腺造影

因颌下腺导管解剖位置特点，注射用针头除需平钝圆滑外，尚应将针头前端弯曲成125°角。针头插入导管方向是向后外方进入，以适应导管走行方向。颌下腺注入量一般为1ml，但亦需根据病变性质、患者年龄及注射时反应进行调整。造影剂可用60%泛影葡胺或40%碘化油。

发达国家涎腺造影时，使用一特制专用塑料导管，应用便利，损伤亦较小，国内现已开始引用，但尚未普及。

在对涎腺小肿瘤，特别是腺体边缘小肿瘤患者进行涎腺造影时，可采用膨胀性涎腺造影术，即在腺体可以承受的范围内，尽量多注入造影剂，使腺泡完全充盈，可增加肿块的充盈缺损区与周围正常腮腺高密度影像间的密度差，以更清楚地显示病变。

【投照技术】 腮腺炎症疾患，可只拍摄侧位片；如临床上怀疑为腮腺占位性病变时，则需拍摄侧位及后前位片。颌下腺造影一般只拍摄侧位片。如需观察涎腺分泌功能时，应拍摄分泌功能片，即在拍摄造影片后，用蘸有2.5%柠檬酸的棉签，嘱患者含于舌背前1/3处1分钟，刺激涎腺分泌，5分钟后再拍摄涎腺侧位片。

数字减影涎腺造影

由于消除了颌骨影像重叠的干扰，数字减影涎腺造影图像一般比普通涎腺造影图像清晰。

【适应证和禁忌证】 与普通涎腺造影基本相同。由于数字减影技术消除了颌骨重叠的干扰，因而更适用于腮腺副腺体或腺体前部与下颌升支相重叠的病变、涎腺内较小的占位性病变、导管内阴性结石及Sjögren综合征在普通造影不能确定末梢导管扩张征是否存在的病例。对于因身体状况影响不能在检查过程中保持头位固定的患者，不宜行数字减影涎腺造影检查。

【造影技术】 首先于坐位自涎腺导管口插入塑料管，然后在X线荧光透视监视下，用头带将患者头部于侧位固位在检查床上。将插入涎腺导管内的塑料管，通过连接管与高压注射器相连，在减影状态下注入1ml 60%泛影葡胺，速度为0.5ml/s。做腮腺造影行正位检查时，应待腮腺内造影剂完全排空后，再将患者头部于正位用头带固位，其余操作同侧位。颌下腺检查一般仅用侧位。检查完毕后即可用多幅片拍摄系统拍摄所需要的图像。

时间-压力监测涎腺造影术

【适应证和禁忌证】 同普通涎腺造影。

【操作技术】 ①压力监测注射系统的安置　首先连接微量液体注射器和传感器压力监测系统，然后按普通涎腺造影方法将造影用导管插入涎腺导管口，并将该导管与微量注射器连接。传感器应与患者涎腺导管口位于同一水平面上，在开始注射造影剂前，将传感器压力数字显示器调至零位。做腮腺造影时，注射速度为1ml/min；做颌下腺造影时，注射速度为0.75ml/min。②X线摄影方法　在X线透视监视下，将患者头位摆为标准侧位。颏部尽量前伸，两侧下颌骨尽量完全重叠，下颌角与颈椎间有足够的间隙以避免涎腺造影剂与颈椎重叠。

同时启动微量注射器和传感器压力监测系统，记录注射全过程压力变化曲线，并于开始注射造影剂后0.5、1.0、1.5及2.0分钟时，分别摄片，记录不同注射时间的造影图像。腮腺造影时，造影剂注射总量为2ml；颌下腺造影时，造影剂注射总量为1.5ml。于注射开始后2分钟时，关闭微量注射器。在拍摄2分钟造影片后，拔除造影用导管，嘱患者将蘸有2.5%柠檬酸的棉签含于舌背前1/3处1分钟，并于拔管后5分钟时拍摄功能片。

【优缺点】 本造影方法优点为：①可以确保造影剂注射速度均匀，避免发生涎腺末梢导管扩张假像，并减轻了患者在注射时的疼痛；②可获得由腺泡充盈不足到充盈过度不同造影时间、不同造影剂量的连续图像，有利于诊断；③可同时获得与造影图像相应的压力曲线图；④在X线电视屏幕监视下进行造影，增加了造影的成功率。其缺点为操作较复杂，需要特殊设备，不利于在基层单位推广。

（二）颞下颌关节造影

颞下颌关节造影按部位分为关节上腔造影和关节下腔造影；按使用造影剂不同分为单纯碘水造影和双重造影；按检查技术不同分为普通颞下颌关节造影、数字减影颞下颌关节造影及颞下颌关节造影后动态X线录像检查。其中以普通单纯碘水关节

上腔造影在我国应用最为广泛。

普通单纯碘水关节造影

【适应证】 凡X线平片或体层摄影检查有骨质改变或明显的关节间隙异常；临床检查发现关节内有连续磨擦音而疑有关节盘穿孔；临床检查发现有关节弹响、绞锁、髁状突运动明显受限等关节结构紊乱症状而需进一步明确属于何种类型的改变；估价殆垫、关节镜外科及其他关节盘复位治疗的疗效；以及为进一步证实、诊断关节内游离体或某些占位性病变时，均可进行关节造影检查。对于最常见的颞下颌关节紊乱病的诊断，一般仅进行关节上腔造影即可；但在检查关节下腔病变时，仍需进行关节下腔检查。

【禁忌证】 凡有严重碘过敏反应史及关节局部皮肤有感染者，不宜进行关节造影检查。患有出血性疾病及使用抗凝血药物治疗的患者，一般亦不宜做关节造影检查。

【造影技术】

1）关节上腔单纯碘水造影：常规碘酒、酒精消毒局部皮肤后，嘱患者大开口，于耳屏前1cm处进针，在髁后区注入约1ml 2%利多卡因后将针退回到皮下组织，再将针尖斜向前、上内，抵达关节结节后斜面。此时，操作者有刺及软骨的感觉，将针退回少许，注入0.1～0.2ml利多卡因，如无阻力而且可以回吸，则一般可确认已进入关节上腔。将注入关节上腔的利多卡因全部吸出，更换盛有造影剂的针管，注入造影剂（20%～30%泛影葡胺水剂）。正常成人关节上腔容量为1.0～1.2ml，颞下颌关节紊乱病患者关节上腔容量可以增加30%～50%。

2）关节下腔单纯碘水造影：常规碘酒、酒精消毒皮肤。嘱患者小开口，做左侧关节造影时，在相当于髁状突后斜面2点处进针；做右关节造影时，在相当于髁状突后斜面10点处进针。于髁后区注入2%利多卡因1ml后，将针尖退回到皮下组织，再向前并稍向内，直抵髁状突后斜面，此时针尖可随髁状突活动，然后将针尖向上、向内滑入关节下腔，注入2%利多卡因0.1～0.2ml，如无阻力且可回吸，则一般可以确认针已进入关节下腔。有条件者可在荧光增强透视屏幕下进行复核。正常成人关节下腔容量为0.5～0.8ml，颞下颌关节紊乱病患者可以增加30%左右。

注射造影剂后，关节上腔或下腔造影，均拍摄经关节窝中心层面的侧位体层闭、开口位片，闭口后-前位体层片及许勒位片。

颞下颌关节造影一般无严重并发症，可能发生者为①对造影剂过敏，反应一般均甚轻微，且极罕见；②穿刺进针误入外耳道，可能会导致外耳道炎；③关节囊撕裂；④化脓性关节炎，为严重并发症，多因术者不注意无菌操作所致。

颞下颌关节双重造影

【适应证和禁忌证】 与普通单纯碘水造影相同。但因颞下颌关节双重造影（double contrast arthrography of temporomandibular joint）许勒位片图像常不清晰，因此对临床检查疑为关节盘内、外移位及旋转移位时，不宜选用双重造影法。

【造影技术】 关节上、下腔均可做双重造影。其穿刺方法与单纯碘水造影法相同，惟所用造影剂为30%泛影葡胺水剂和无菌空气。关节腔穿刺成功后，首先注入泛影葡胺，然后注入无菌空气。一般上腔注入30%泛影葡胺0.3～0.4ml，无菌空气0.5～1.0ml；下腔注入30%泛影葡胺和无菌空气各0.2～0.4ml。注射完毕后嘱患者做3～5次开闭口运动，以便拍摄关节侧位体层闭、开口位片，可根据需要拍摄不同层面和层数的体层片。

【优缺点】 关节双重造影的主要优点为：①造影剂主要为空气，可以避免单纯碘水造影体层域以外的高密度造影剂对于所拍摄体层面图像的影响，从而提高了关节造影体层片的清晰度；②空气和碘剂双重对比，在体层片上可以相当清楚地显示关节盘的形态、前后位置及关节盘的颞前、后附着，因而在这些方面可以提供较单纯碘水造影更多的资料。其缺点为①操作较为复杂；②穿刺技术不熟练可引起皮下气肿；③双重造影许勒位片图像不如单纯碘水造影，影响对关节盘内、外移位及旋转移位的诊断。

数字减影颞下颌关节造影

Jacobs和Manaster1987年首先将此项技术用于颞下颌关节下腔造影检查，作者则首先将此项技术用于颞下颌关节上腔造影检查。

【适应证和禁忌证】 与普通单纯碘水关节造影相同，特别是对于普通关节造影怀疑有关节盘穿孔及某些关节内占位性病变者，更为适用。对于因身体状况影响不能在检查过程中保持头位稳定者，不

宜进行数字减影关节造影检查（digital subtraction arthrography）。

【造影技术】 关节上、下腔穿刺技术与普通关节造影相同。在确认针尖已进入关节腔后，留置针头，并使之与数字减影关节造影延伸导管连接，导管后端连接2ml注射器。导管及注射器内均充满30%泛影葡胺。在X线荧光透视监视下，按许勒位摆好头位，用头带固位。在做减影造影过程中，嘱患者保持头位固定，不得移动。首先注入少量造影剂（约0.1ml 20%～30%泛影葡胺水剂），开始进行减影，以最后证实针尖位置。如此造影剂沿关节窝、关节结节后斜面迅速流注，继而或几乎同时进入关节上腔内侧面投影于髁状突下方时；或在做关节下腔造影，造影剂迅速沿髁状突表面分布时，表明针尖确已在关节腔内。如在最初注射此少量造影剂时有阻力，造影剂围绕针尖分布而不进入关节腔内时，则表明为关节腔外注射，需重新调整针尖位置。

确认针尖位于关节腔后，立即在减影状态下注入总量造影剂（20%～30%泛影葡胺水剂），上腔用1.0～1.5ml，下腔用0.8～1.0ml。

【优缺点】 数字减影颞下颌关节造影图像由于消除了颅骨影像的干扰，使造影图像更为清晰，即使有少量造影剂发生关节上下腔交通征，也易于发现。因此，对于关节盘穿孔、特别是关节盘小穿孔的诊断有重要价值，为其主要优点。其缺点主要为不能进行动态观察，不能对关节盘的运动情况做出诊断。

颞下颌关节造影后动态X线录像检查

普通关节造影检查及数字减影关节造影检查均不能进行动态观察，而本检查方法则克服了这一缺点，有利于关节盘位置和形态的诊断；如进行同步X线录像和关节弹响录音，尚可用于关节弹响研究。

作者所采用的方法为：用30%泛影葡胺1.5～1.8ml（健康人用1.2ml）做关节上腔或下腔注射，用X线录像机进行颞下颌关节动态X线录像。常规于许勒位和颞下颌关节后前位做空口开闭口、前伸-后退及侧方运动各3次，并于许勒位录像时做左、右侧及双侧同时进行的咀嚼运动观察。将一个与无线话筒相连接的膜式听诊器头固定于造影关节侧颧骨处，关节内声响经立体声调频录音机接收放大后，用X线录像机麦克风接收，同时记录于录像磁带。对于有弹响发生的关节均以原始录像速度（25帧/s）的1/4及1/2做慢速动作重放观察，并可根据关节弹响发生的不同时期做相应的记录。

（三）血管造影

血管造影（angiography）是将有机碘造影剂注入血管，使欲检器官血管系统或病变显影，用以诊断疾病的一种影像检查方法。

【适应证】 ①口腔颌面部血管性病变，特别是位置深在或与颅腔沟通的血管性病变。如血管瘤、血管畸形、海绵窦动静脉瘘、颈动脉血栓形成等。②口腔颌面部肿瘤性病变，特别是肿瘤与大血管的毗邻关系。如颈动脉球瘤、神经鞘瘤、成骨肉瘤等。③介入性血管治疗，术前了解病变的部位及血供情况。如术前行肿瘤栓塞治疗，可减少术中出血；急性顽固性鼻腔大出血，进行栓塞治疗止血。癌肿进行化疗，阻断肿瘤的供血血管，特别是血管瘤。

【禁忌证】 ①有碘剂过敏史，或碘剂过敏试验阳性者。②肝肾功能不全，凝血机制障碍，甲状腺功能亢进，高血压，全身性衰竭者。

随着非离子型造影剂，如欧乃派克（Omnipaque）、优维显（Ultravist）的推广使用，血管造影的适应证明显拓宽，安全性大大提高。

【血管造影分类】

（1）普通性血管造影，如颈总动脉造影、椎动脉造影、颈外动脉造影、全脑血管造影等。

（2）数字减影血管造影（digital subtraction angiography，DSA），即计算机血管造影（computed Angiography）。其基本原理是，将血管造影的影像，先转接为数字、经数学减法，复原成只显示纯血管造影影像，消去周围骨质及软组织，例如颅面骨质和软组织的重叠影像。

（3）局部血管瘤腔造影：数字减影血管造影，需要精密大容量的X线机、计算机、电视、数学转换等系统设备和娴熟插管技术，才能完成。采用选择性颈外动脉数字减影血管造影，对提高口腔颌面部疾病的诊断和治疗水平，具有重要价值。

【血管造影方法】 目前，多采用Seldinger技术，作为选择性或超选择性数字减影血管造影。

（1）操作步骤：①常规消毒腹股沟皮肤，并局麻。婴幼儿或不合作病员，则应行全麻。②穿刺点选在腹股沟中点下方约2横指，即股动脉搏动最著处。③用尖头刀作一约2～3mm皮肤切口，便于穿刺针和导管送入血管。④穿刺成功后，拔去针芯。有鲜血喷出者，示针头已在血管内。⑤将导丝从穿刺针外管送入股动脉，深约20cm。拔出穿刺针，适当压迫穿刺点，防止出血。⑥沿导丝将导管插入血管，拔出导丝。用肝素溶液数毫升，冲洗导管，防止血栓发生。插管过程中，每隔10～15分钟，注入肝素溶液1次。⑦在透视监视下，继续将导管送至欲检动脉，在减影状态下，作选择性或超选择性血管造影。

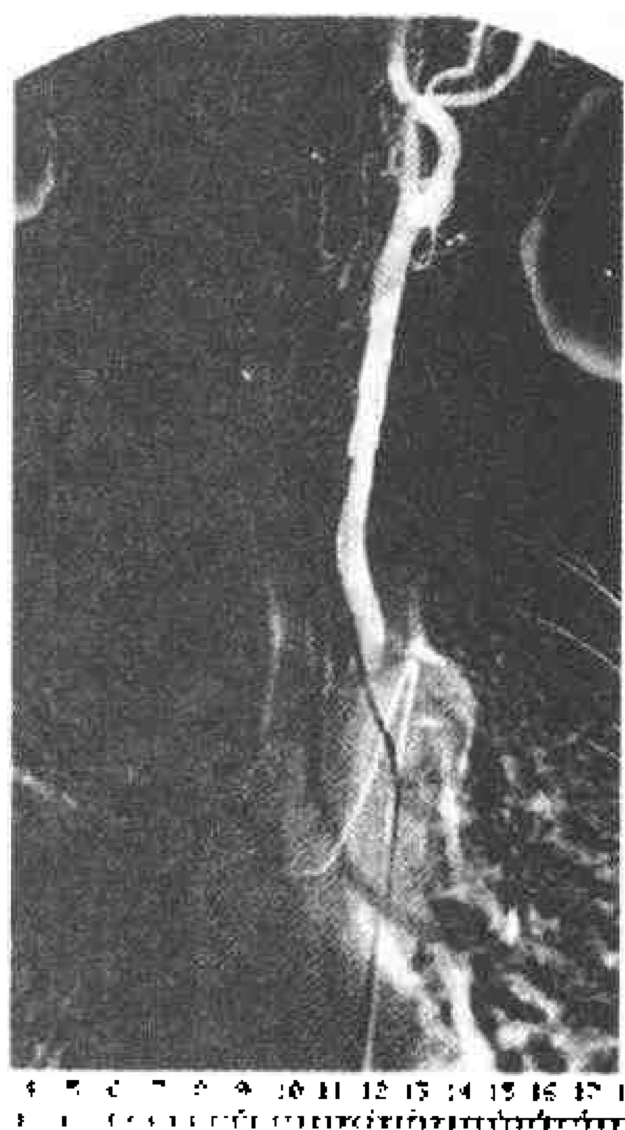
对口腔颌面部疾病，可将导管送入颈外动脉，或其更远分支，如颌外动脉、颌内动脉、颞浅动脉等，进行数字减影血管造影。诊断明确后，可同时作介入性治疗。

（2）造影剂：目前仍常用离子型碘造影剂，如60%泛影葡胺（urografin），65%安其格纳芬（Angiografin）等。对离子型造影剂过敏者，对高危因素病员（如老年人、婴幼儿等），宜提倡用非离子型造影剂，以确保其安全性。并应做好预防和抢救过敏反应的措施，防止过敏反应发生意外。

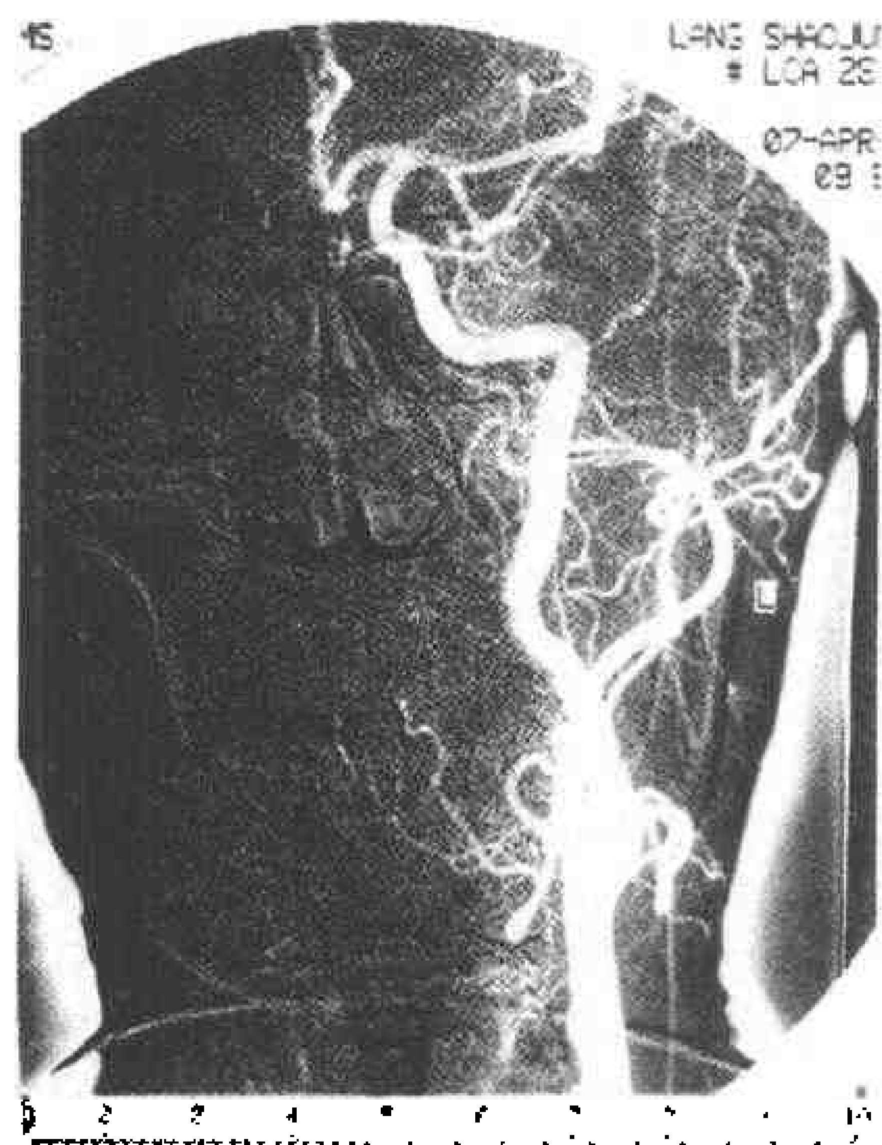
（3）摄影位置：口腔颌面部数字减影血管造影，常规采用头颈部正、侧位摄影位置。除颈外动脉系统外，可同时行颈内动脉、椎动脉血管造影。除动脉期外，可加静脉期血管造影。应使病变及相关血管均包入，避免遗漏。除照片以外，可将数字减影血管造影录入磁带，永久储存备用。

【正常颈外动脉造影表现】 正常颈外动脉及其分支的血管造影像，数字减影法比普通法显示清晰，侧位比正位容易分辨。普通性血管造影在判断病变的颅内外关系上，有骨性解剖作标志，仍有一定的优点，但对微细血管的显示，受颅面骨结构的重叠，不及数字减影血管造影。

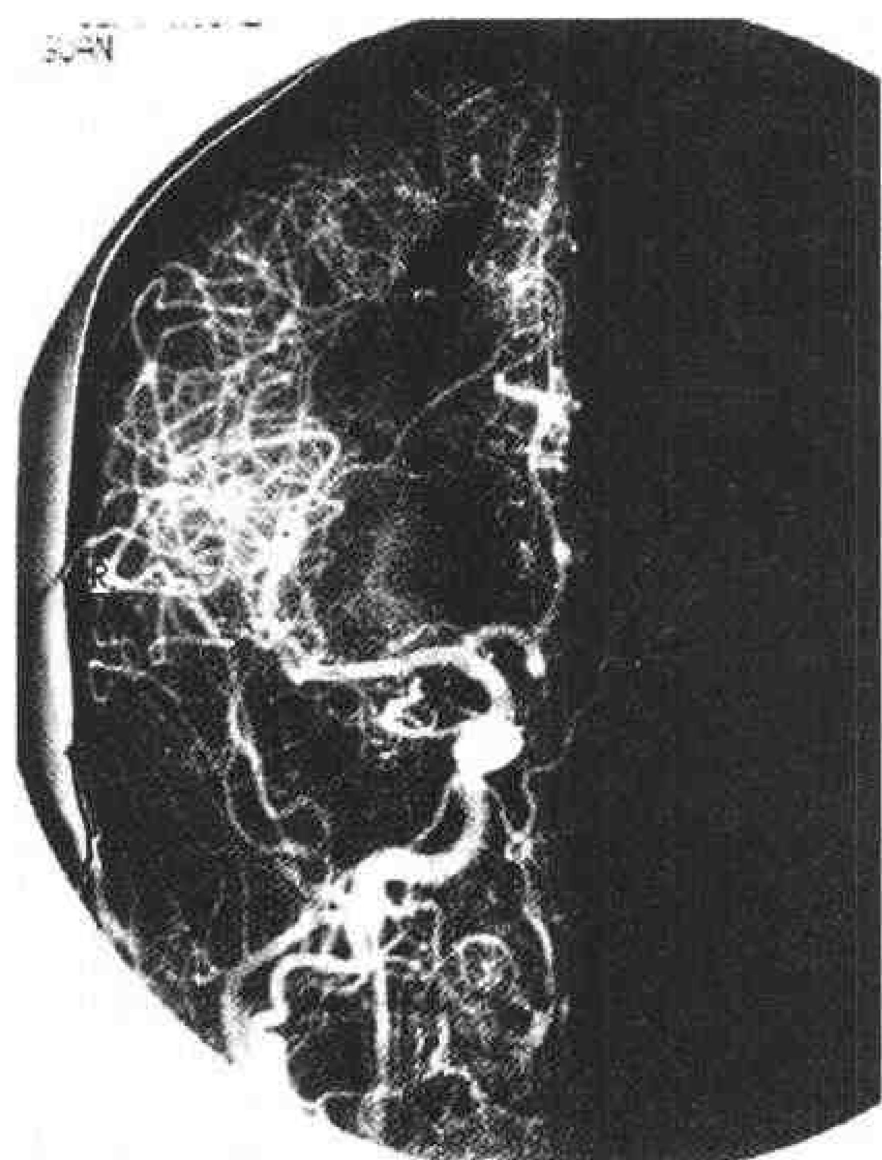
（1）正位像：颈外动脉自颈动脉发出后，先位于颈内动脉内侧，上行一段后转至其外侧。沿途分别再分出甲状腺上动脉、舌动脉、颌外动脉、枕动脉、耳后动脉、下齿槽动脉、颌内动脉、脑膜中动脉和颞浅动脉等。正位像，颈外动脉及其分支由于多有前后重叠，其走行分布不及侧位血管造影清晰易辨（图17-2-1（1）～（3））。



（1）左颈总动脉及颈内外动脉分支



（2）左颈内外动脉及分支



(3) 右颈内外动脉及分支

图 17-2-1　正常颈动脉造影（正位，DSA）

（2）侧位像：颈动脉右起无名动脉，左起主动脉弓。在颈部颈动脉鞘内，上行至甲状软骨上缘处，始分成颈内外动脉两条主干分支，各自主要分布于颅内及头颈部。

颈外动脉是口腔颌面部的主要供血动脉。其起始部先位于颈内动脉前方，上行一段后转到后方。沿途分别发出甲状腺上动脉、舌动脉、颌外动脉、枕动脉、耳后动脉、下齿槽动脉、颌内动脉、脑膜中动脉和颞浅动脉等（图 17-2-2）。

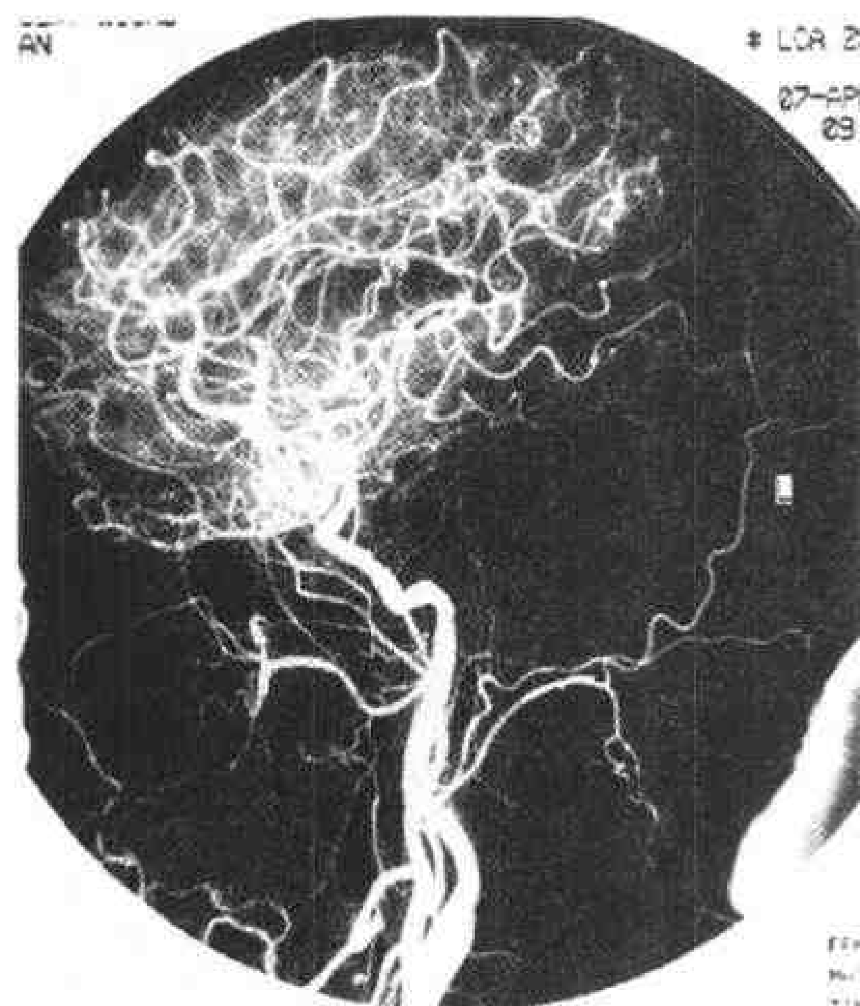
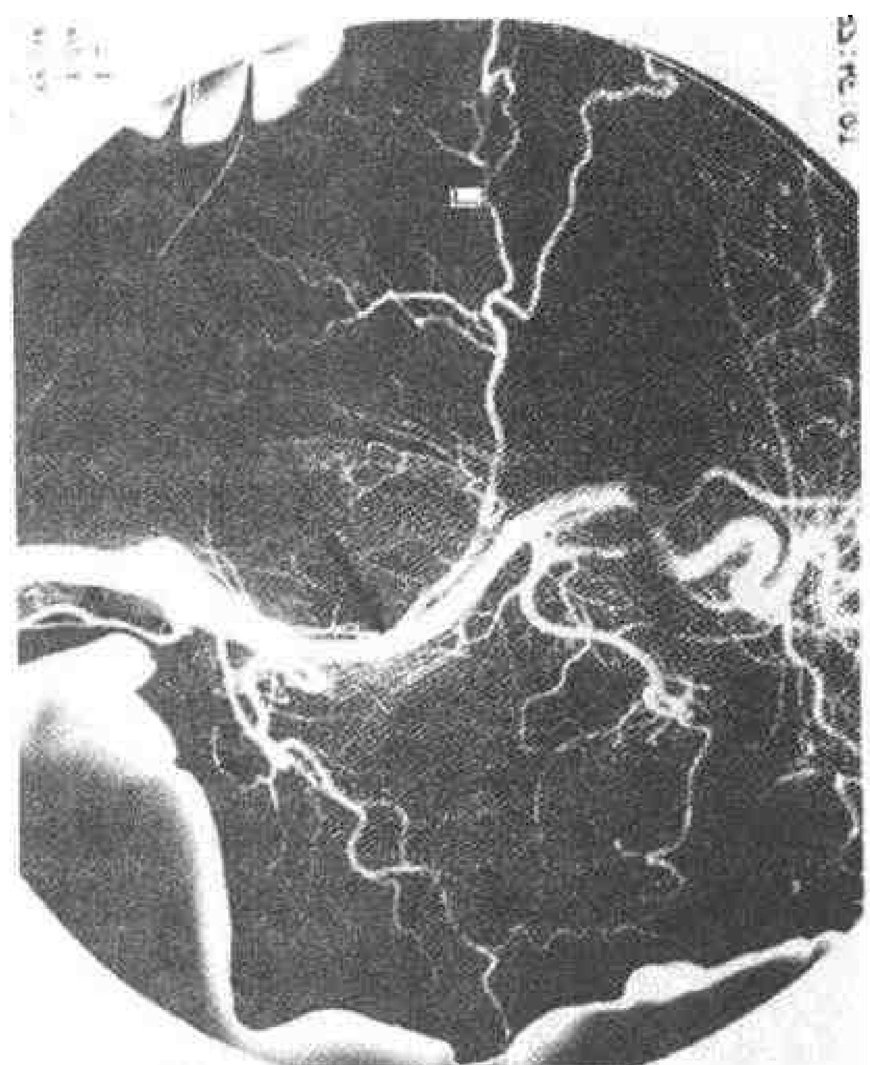


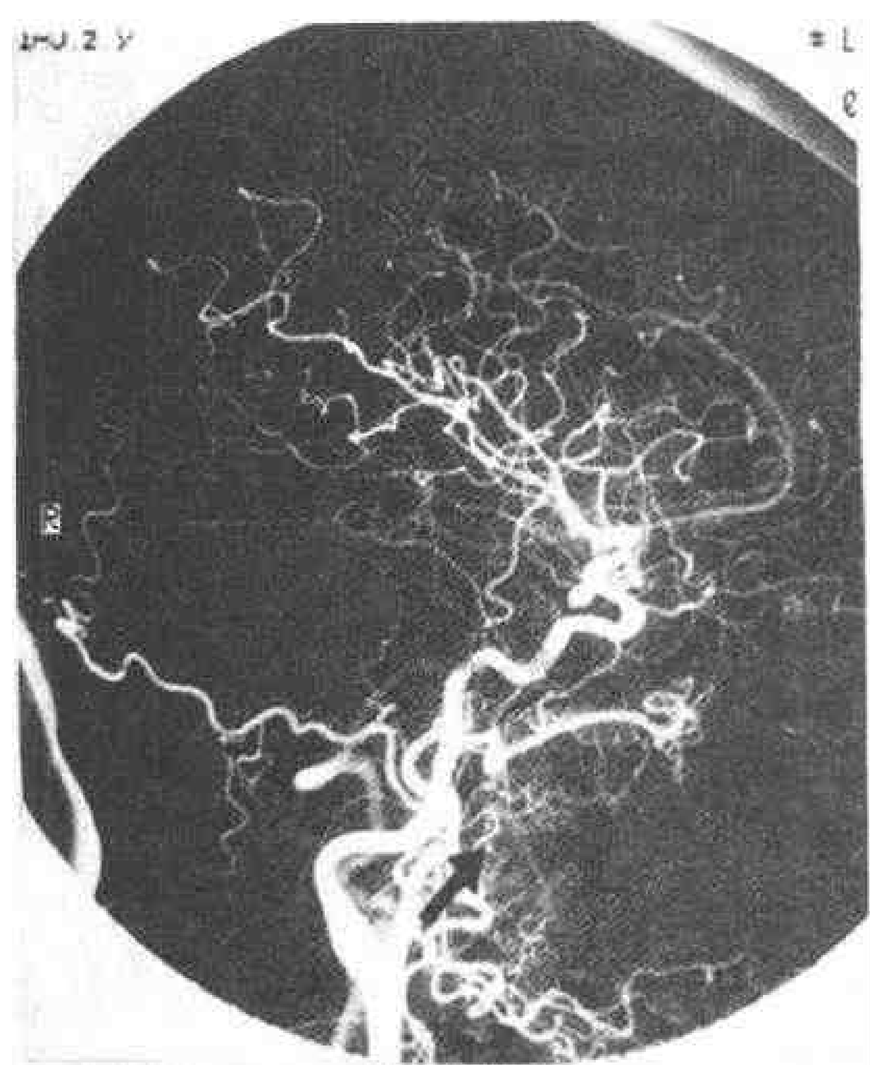
图 17-2-2　正常颈内外动脉及分支造影（侧位，DSA）

【异常颈外动脉造影表现】　异常颈外动脉数字减影血管造影片上，口腔颌面部血管性或肿瘤性等病变，可使显影血管发生位置、形态及血供异常，对定位，甚至定性价值较大，并有助于治疗方案的实施。

1. 位置异常　口腔颌面部位置深在的占位性病变，如咽部纤维血管瘤、神经鞘瘤等，常使颈外动脉或颌内动脉向前外推移。腮腺深叶肿瘤常使颌内动脉向前内推移。颈动脉球瘤常使颈内外动脉分离移位，或向前、向后推移，压迹加深，呈明显弧形。颈动脉动脉瘤常使血管腔局限扩张，颈内或颈外动脉受压移位（图 17-2-3（1）～（2））。

2. 形态异常　口腔颌面部血管性病变，如蔓状血管瘤，常显示异常网状血管影。较小者，呈类圆形，造影剂涂染，但不均匀。较大者，呈不规则异

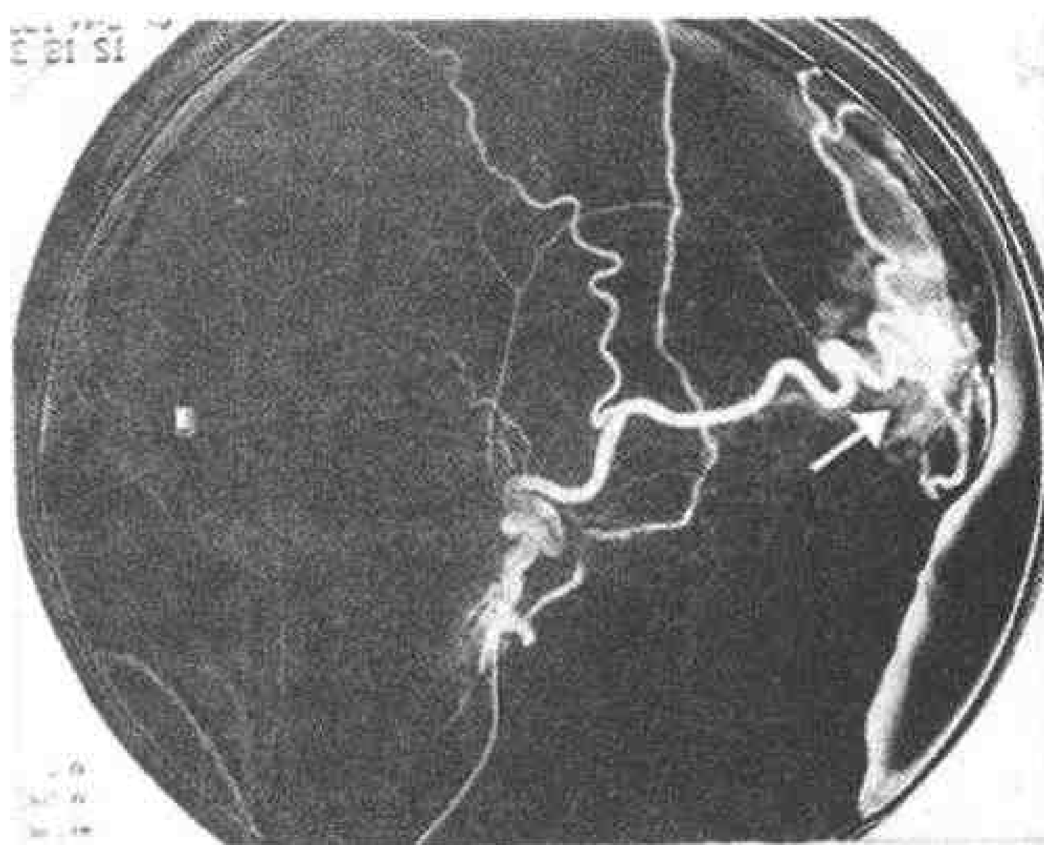


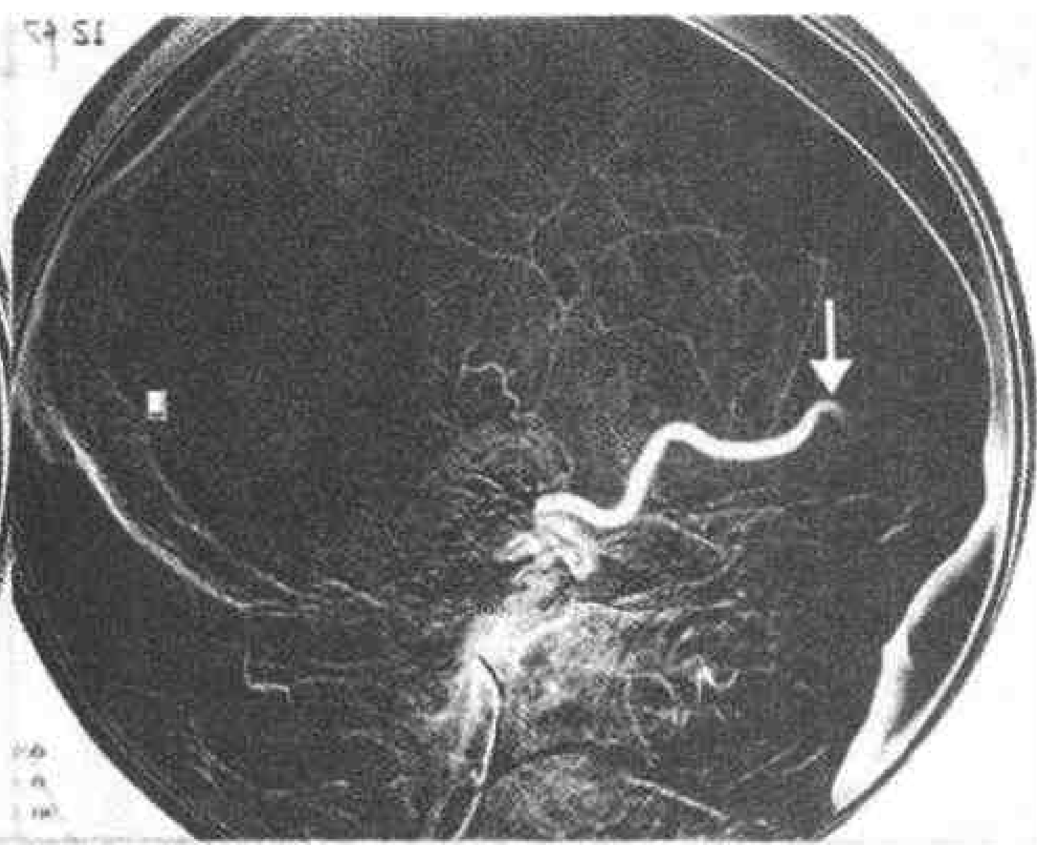


（1） （2）

图 17-2-3 颈动脉体瘤（侧位，DSA）

（1）颈内外动脉主干向前弧形推让，前上方异常供血（↑）；（2）颈外动脉向后移位，周围血供增多，涂染（↑）





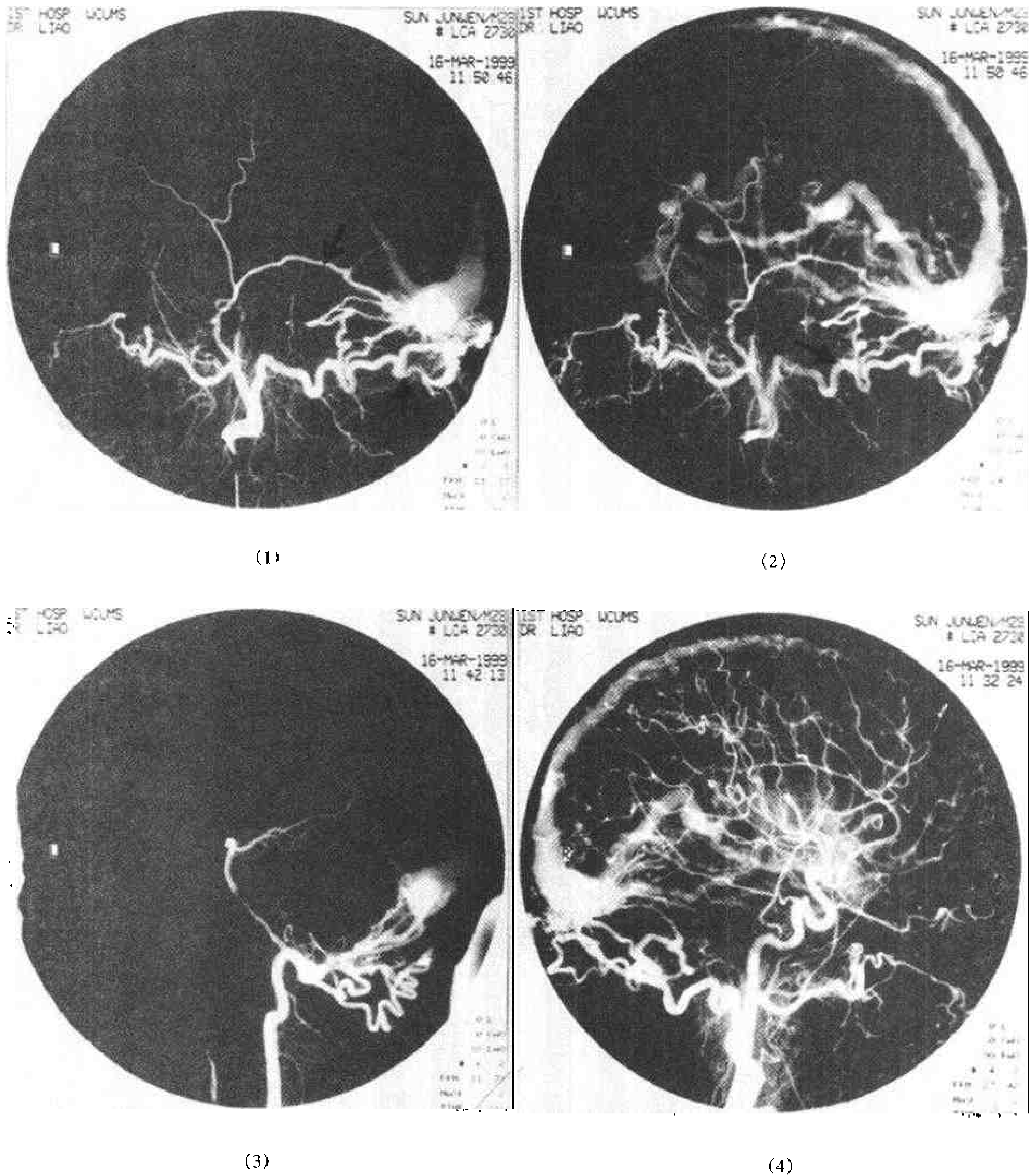
（1） （2）

图 17-2-4 额部头皮血管瘤（侧位，DSA）

（1）颞浅动脉分支增粗供血，瘤床涂染（↑）；（2）栓塞后血管瘤闭塞消失（↑）

常网团状血管影、分布弥漫，边界不清，可见明显血管纡曲，粗细不一。排空迟缓滞留。若顺肌肉或间隔蔓延者，可呈束带状。深浅组织均受累者，除使颌面部骨质受压移位变形外，可呈哑铃状异常血管网团影（图 17-2-4）。

3. 血供异常 口腔颌面部颈外动脉脑膜血管畸形，海绵窦动静脉瘘等，除显示畸形血管或异常交通外，可使供血动脉明显增粗、纡曲，指向血管网区域。如为恶性肿瘤，可见供血动脉亦增粗、肿瘤造影剂涂染及血管移位。可单一或多支供血动脉

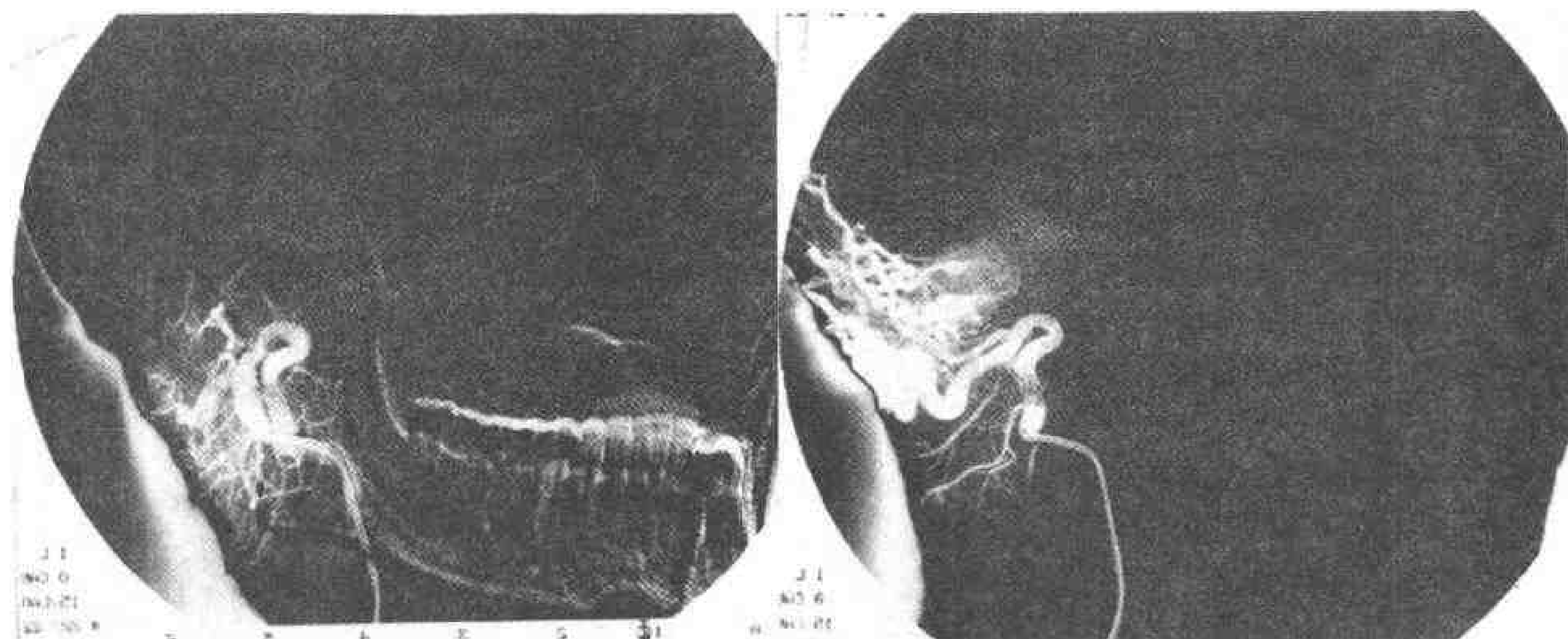


(1) (2) (3) (4)

图17-2-5 颈动脉硬脑膜血管畸形（侧位，DSA）
（1）～（2）颈外动脉造影，不同时相显示枕部AVM（▲）；（3）颈内动脉造影，显示AVM；（4）颈总动脉造影显示颈内外动脉供血及AVM

增粗，甚至显示颈内、外动脉均有分支动脉增粗供血（图17-2-5（1）～（4））。

4.静脉回流异常　较小血管瘤，颈外动脉造影，仅显示供血动脉及异常血管片状影外，可不显示静脉回流异常。较大者，可同时显示颌面部或颅内深浅静脉提早显影。如海绵窦动静脉瘘，颈内动脉造影动脉期，可同时显示颈动脉虹吸段、海绵窦、眼静脉、额静脉、面静脉等明显增粗过曲。口腔颌面部良性肿瘤，如纤维腺瘤，则不显示静脉回流异常；恶性肿瘤，如成骨肉瘤、横纹肌肉瘤等，



(1) (2)



(3)
图 17-2-6 颌面部血管瘤
上述三图分别为不同时相血管瘤显影及供血

可显示肿块异常血管，粗细不均，结构紊乱及静脉异常回流。同时，病变区有颌骨骨质溶骨性破坏及软组织肿块（图 17-2-6（1）～（3））。

海绵状血管瘤因为血流缓慢，没有粗大的输入动脉，故以瘤腔内直接注入造影剂进行检查为宜。一般采用头低位或卧位，使血管瘤膨胀。用药量根据肿瘤大小决定。穿刺点可选用血管瘤的远心部位，肿瘤体积较大时，应同时采用二点注射，当穿刺有回血时，应在 2～3 秒内将造影剂全部注入。如注射速度过慢，造影剂将会被血流稀释或随血流逝而影响图像质量（图 17-2-7）。

（四）囊腔造影

适用于颌面及颈部软组织和深部组织的囊肿。通过造影可明确诊断，及界定囊肿的范围和毗邻关系（图 17-2-8（1）～（5））。

造影方法：造影剂常用60%泛影葡胺，首先准确穿刺入囊腔，并将囊液抽出部分，然后注入，其注入量视囊肿大小而定。摄片位置至少应拍摄正、侧位两张照片。必要时可加照斜位或其他特殊体位。

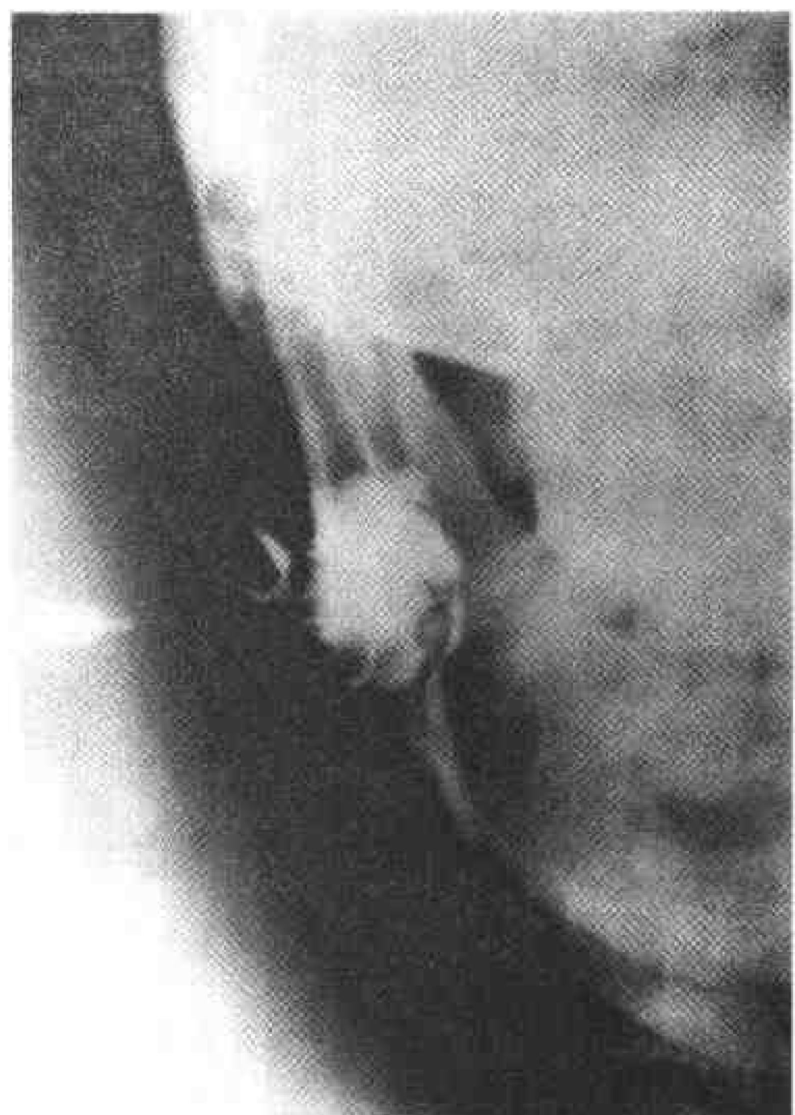
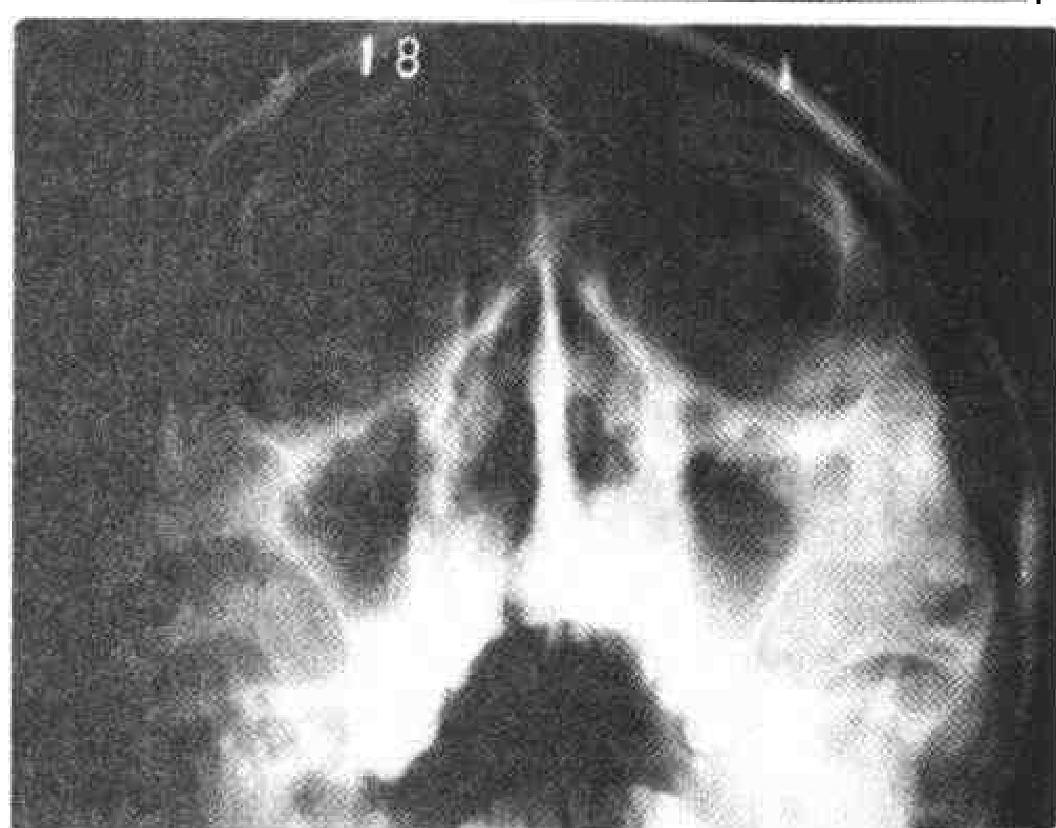
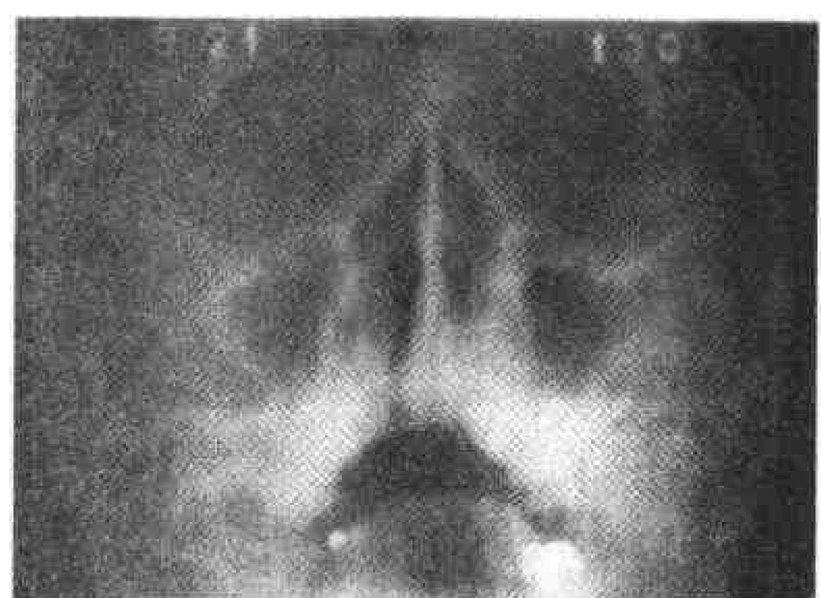


图 17-2-7　软组织海绵状血管瘤（瘤腔造影）
左颊部血管瘤腔碘水造影显示瘤体大小，下端有一较粗大的交通血管



(1)



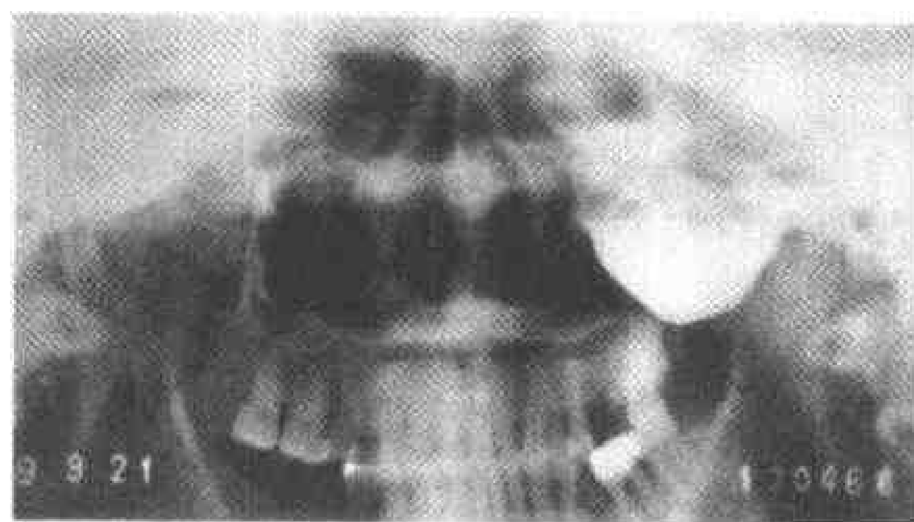
(3)



(2)



(4)



(5)

图 17-2-8 颞下窝囊肿囊腔造影

(1) 华特位 只见右上颌透明度增大未见重叠的骨壁线，未见上颌骨壁有破坏；(2) 鼻窦侧位 上颌窦后壁、翼板和翼腭裂均显示不清，在上颌窦中分有略向前呈弧形的致密细条影。术后病检证实累及翼腭凹、翼板有吸收破坏；(3)华特位 注入碘水后显示有一囊腔，界光滑有一液平面；(4) 侧位片显示囊肿位于上颌窦后部颞下窝并累及翼腭裂；(5) 曲面体层片证实右上颌窦后部颞下区有一个囊性变

(马绪臣 孙广熙 张祖燕 邓开鸿 王 虎)

第三节 根尖片数字减影技术的临床应用

一、普通 X 线片的数字化

医师完成诊断的过程是一个非常复杂的过程，诊断结果取决于多种因素。其中某些因素与 X 线检查程序有关，而另外一些因素则与人类的视觉系统有关，包括眼、脑及其他部分的相关功能作用。在过去 10 余年中，由于计算机技术的迅速发展，可以补偿人类视觉系统的某些不足。计算机可迅速、标准化并可重复性地客观处理大量数据，提高了病变的可视性，在 X 线诊断中具有重要应用意义。

计算机辅助图像解释首先需将 X 线图像转换为一种可以贮存于计算机内的形式，即所谓 X 线片的数字化。目前在口腔 X 线图像处理中，常用 CCD 摄像机摄取一幅 X 线片，CCD 摄像机采集的信号，为帧捕获器（frame grabber）和图像处理板（image board）所捕获并数字化。此外，其他几种用于普通 X 线片数字化的装置也正在开发，如鼓扫描仪（drum scanners），固态扫描仪（solid-state scanners），激光扫描仪（laser scanners）及光密度仪（densitometers）等，但用费均相当昂贵。

数字化 X 线图像可以更易于消除图像变形；应用高分辨率数字化图像增强技术，能够显示在普通 X 线片上显示不出来的特征；可以通过对比度增强、减少噪声、分区输入以及图像放大等功能来调整图像，以增加可视性。但同时也必须了解，数字化的 X 线片所含的信息量少于其所模拟的普通 X 线图像，而且数字化信号处理技术也决不能发现原始 X 线片中所不包含的特征。

最终的数字化图像质量主要取决于二个相关的功能：空间分辨率和灰度分辨率。最小可分辨的物体主要取决于空间分辨率，也受灰度分辨率一定程度的影响；而最小可以区分的灰度水平，则主要取决于灰度分辨率，其次受空间分辨率的影响。例如，如果可以识别的最小物体直径为 100μm，那么空间分辨率至少为 50μm 时才能明确地分辨出来。目前对于根尖片的研究表明，10～25μm 的空间分辨率在绝大多数常规诊断中可保障其准确性。

二、普通X线数字减影技术

X线检查的诊断问题主要是证明隐匿于正常结构背景之内的病理改变的图像特征，这可以被认为是从无关的噪声分布中分离出理想的信号。在追踪一个病变过程时，没有变化的X线结构背景由于不含有所感兴趣的诊断信息资料，从而被认为是噪声。这种噪声是针对所感兴趣的信号相对而言的。一般来讲，将这种噪声称为图像噪声或结构噪声，以区别于由光子撞击检测器、晶体在屏幕上分布的差异以及胶片颗粒等所引起的随机噪声。

国外作者已证明，在一个均匀背景上可以发现0.01的光密度差。又有作者提出，病变X线特征的发现率与其本身的特征和其周围背景的特征有关，其检出性与对比度成正比，而与周围结构的复杂性成反比。

减影X线摄影（subtraction radiography）是减少结构噪声的一种极为有效的方法。而近年来发展起来的数字化减影技术则为提供高质量的减影图像提供了一项简便而快捷的方法。

（一）图片减影技术

图片减影技术（photographic subtraction technique）首先由Ziedses des plants于1961年提出，主要用于血管造影检查。在注射造影剂之前所拍摄的原始X线朦片作为正片。然后以在注射造影剂后所拍摄的X线片重叠在朦片上，以这一对X线片合成进行接触性减影印制，从而得到减影图像。Hardstedt和Welander 1975年对此项技术作了详细的描述，并对胶片密度、对比度、曝光条件及显影等方面的要求进行了讨论。

Mathis和Hielscher 1962年提出在牙科放射学中可以应用的一种简单的减影技术。减影图像由一幅原始的X线片和过一段时间后再拍摄的另一幅X线片减影后形成。这便可以对一系列不同时间拍摄的X线片进行研究。Kasle和Klein（1970）报告，在将这种技术应用于根尖病变诊断时，可以比普通X线片提早7～42天显示病变的存在。

减影X线摄影术的先决条件，是在不同检查时间所拍摄的X线片必须一致或几乎是一致的。这在一般医学X线检查中是难以实现的，所以这种技术长时间来一直仅用于血管造影检查，其可在短暂的时间内重复拍摄，易于保持投照的一致性。但在根尖片拍摄时，却有许多有利于重复性投照的条件。可以将X线球管、持片器及人的牙连接起来，固定位置投照，以确保照片投照的重复性。

（二）普通X线片数字减影技术及其原理

Grondahl 1983年首次描述根尖片数字减影技术。近10余年来，国外文献陆续可见有关技术临床应用的报道。作者等与北方交通大学遥控系陈后金等协作研究开发的普通X线片数字减影图像处理系统，为根尖片和其他普通X线片数字减影图像处理提供了良好的应用前景。

作者等所开发的第一代图像处理系统由台湾产Mintron CCD摄像机、美国产Compaq 386/20e微机、TARGA 32-bit真彩色图像处理板、彩色监视器及灯箱等组成。该系统除具有数字减影功能外，尚开发了灰度处理、二值化处理、漫游、图像测量、图像存取、图形编辑、图像编辑、伪彩色处理及文字显示等功能。

自Grondahl 1983年首次描述根尖片数字减影工作原理以后的10余年中，普通X线片数字减影技术主要用于根尖片。国内外少数作者亦开始对其他口腔科用X线片的数字减影问题进行了研究，如下颌骨侧位片、许勒位片等，但均尚处于启始阶段。本章仅介绍根尖片数字减影技术的处理过程及相关问题。

根尖片数字减影应用一对二幅根尖片，要求这二幅根尖片均为平行定位投照，并具有高度的重复性，而且其曝光、冲洗条件一致。第一幅根尖片作为参考片，第二幅根尖片是进行比较的图像。参考片由CCD摄像机采集并经图像处理板数字化后显示于监视器上。作者等所开发的数字减影图像处理系统所采用的图像处理板可支持一幅512×512/8bit的图像。被比较的第二幅图像由CCD摄像机实时摄入，与参考片显示于同一监视器上，经在X轴和Y轴二个方向上移动第二幅图片，实时配准，使其与参考片图像完全重叠。本系统参考片以负片形式显示于监视器上，以便于与以正片形式实时显示于监视器上的第二幅图像配准重叠。在配准满意后，进行减影。在参考图像与第二幅图像对应的像素进行数字减影时，可以在第二幅图像的每一个像

素上先增加128灰度值。这样，便可以使在减影结果图像上有128个灰度值的背景。二幅图像相减后的任何灰度变化在这一背景上可显示为比背景更暗或更亮的区域，取决于组织变化的性质。减影结果图像可以贮存于计算机内，并可同时显示于监视器上。

国外许多研究已证明，人类具有对在均匀背景上发生的微小光密度差别的识别能力。因此，减少背景的复杂性，即减低背景结构噪声的影响，无疑将明显增加对于微小病变的识别能力。根尖片数字减影结果图像背景变得均匀一致，从而提高了对微小病变的发现能力。

（三）根尖片数字减影技术的临床应用

根尖片数字减影技术在纵向观察骨病变变化方面具有重要价值。如在普通X线片上，一般认为对于牙槽骨病变只有在脱矿达30%～50%时才能被发现；而数字减影技术可以在病变脱矿达5%时即可诊断。作者的研究证实，第一代数字减影技术可以发现5mm×2mm×2mm的牙槽嵴顶病损（图17-2-9），2mm×2mm×3mm的根分歧病损（图17-2-10）和4.5mm×4.5mm×2mm的根侧病损及4mm×4mm×2mm的根尖部病损。而这些病损对于一般临床医师是难以在普通X线片上识别的。现经进一步改善根尖片定位投照的精度（即提高重复性），提高计算机图像处理系统硬件水平和开发软件，已使该系统具有更高的分辨率，从而进一步提高了对于微小病变的诊断能力。在国外已有作者证明数字减影技术可识别1mm³体积的病变。国内作者也亦证明对于0.9mm³的微小骨病变，数字减影技术检出率为89.3%±7.0%，明显高于肉眼对病变的检出率。此外，计算机图像处理系统尚可在数字减影结果图像上做进一步的图像处理，如病变的局部放大，复制，背景充填，二值化，伪彩色及灰度拉伸，边缘检测，边缘增强，低、高通滤波等；从而进一步提高病变图像的可视性。对于经图像处理后具有较好可视性的病变，可根据临床工作需要进行面积、灰度、线距及有关角度的测量，有利于对病变进行定量化分析、诊断。但另一方面，也必须看到的是数字化X线片所含有的信息量少于其所模拟的普通X线片；数字化信号处理技术也决不可能发现原始X线片中所不包含的特征。因此，对于计算机数字减影图像处理系统的过高期望也是不切实际的。

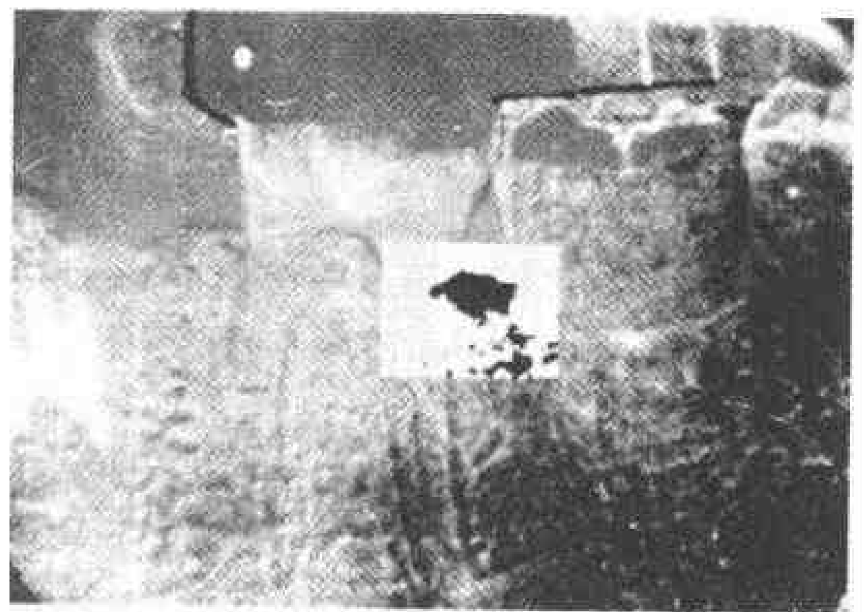


图17-2-9 根尖片数字减影图像
示 $\overline{67}$ 牙槽嵴顶病变，二值化后图像可清楚地显示病变范围

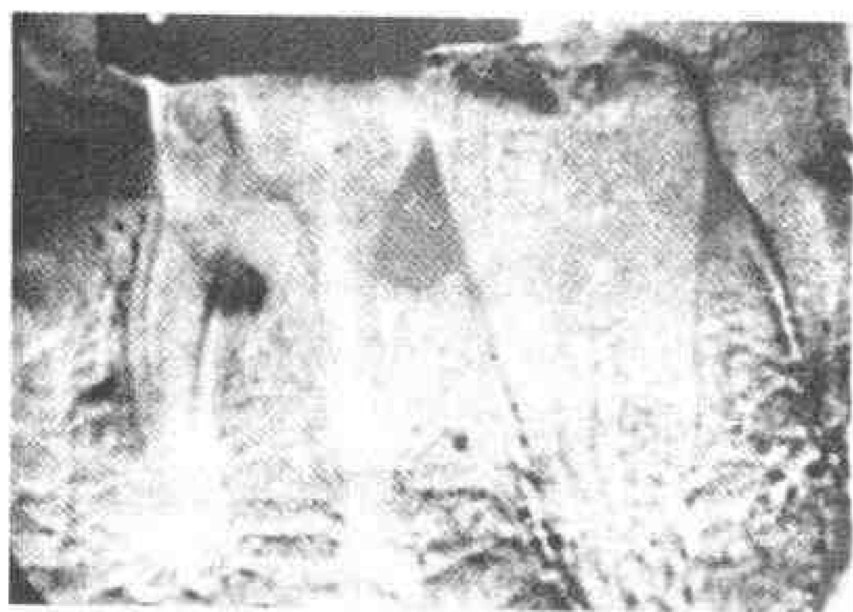


图17-2-10 根尖片数字减影图像
示 $\overline{6}$ 根分歧处病变

（马绪臣）

第四节 口腔颌面部正常X线解剖

本节仅介绍口腔颌面部主要结构的影像解剖。

一、牙及牙周组织

1．牙硬组织为人体最硬的组织，X线片上显示影像密度最高。①牙釉质：为人体中钙化最高的组织，X线片上影像密度最高，似帽状被覆在冠部牙本质表面，其在后牙𬌗面及前牙切缘最厚，由𬌗面和切缘向侧方至牙颈部逐渐变薄，终止于颈部。②牙本质：矿物质含量较釉质少，围绕牙髓构成牙主体，X线影像密度较牙釉质稍低。③牙骨质：覆盖于牙根表面牙本质

上，很薄，在X线片上显示影像与牙本质不易区别。①牙腔：在X线片上显示为密度低的影像。下颌磨牙牙腔似H形，上颌磨牙牙腔呈圆形或卵圆形。年轻人牙腔宽大，老年人髓室较年轻人小，根管亦细，这是因随年龄增长有继发性牙本质形成所致（图17-2-11）。

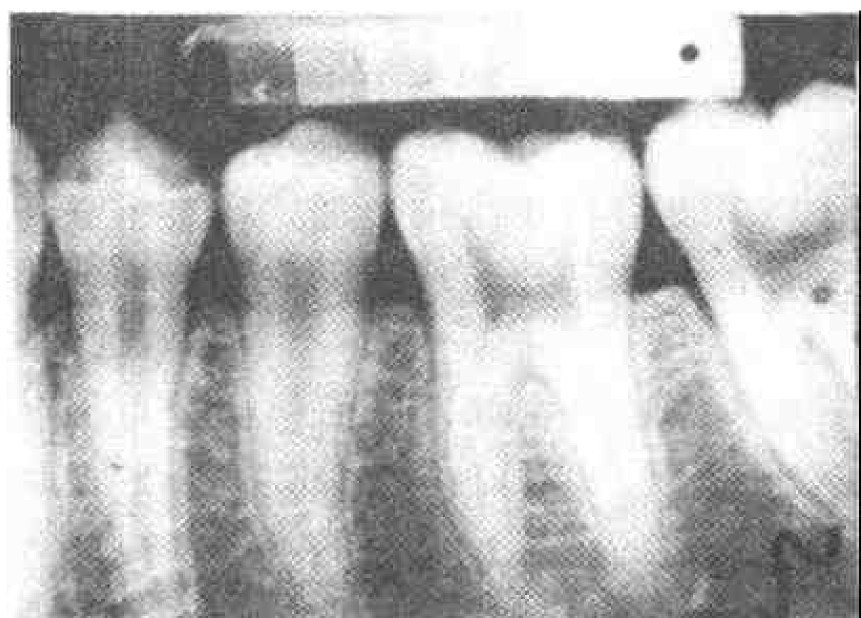


图17-2-11 下颌双尖牙及第一磨牙根尖片正常图像 示正常牙及牙周组织X线表现

2. 牙周组织 包括牙周膜、牙槽骨和牙龈。X线片仅能显示牙周膜和牙槽骨的影像。①牙周膜：X线片上显示为包绕牙根的连续不断的低密度线条影像，厚度约为0.15～0.38mm，其密度均匀一致。②牙槽骨：又称为牙槽突或牙槽嵴。在X线片上显示的影像比牙密度低。上牙槽骨密质骨薄，松质骨较多，骨小梁呈交织状，X线片显示为颗粒状影像。下牙槽骨密质骨厚而松质骨少，骨小梁呈网状结构，牙间骨小梁多呈水平方向排列，在根尖部有时可见放射状排列，骨髓腔呈三角形和大小不等的圆形低密度影像。正常牙槽骨高度应达牙颈部。牙槽窝内壁为固有牙槽骨，又称为骨硬板。X线片上显示为包绕牙根、连续的高密度线条影像（图17-2-11）。

检查牙及牙周组织病变，主要应用根尖片。在上颌前牙根尖片上，尚可见到切牙孔、腭中缝、鼻腔及鼻中隔；在上颌磨牙根尖片上，尚可见上颌窦底、颧骨、下颌喙突、上颌结节及翼钩的影像。在下颌前牙根尖片上，可以显示颏棘、颏嵴及营养管等影像；在下颌前磨牙根尖区域可见颏孔影像；在下颌磨牙根尖片上可见下颌骨外斜线、下颌管等结构。

二、上 颌 骨

双侧上颌骨位于鼻腔两侧，上颌骨内为上颌窦，为口腔颌面部重要结构。口腔颌面影像学对于上颌骨的常用的检查方法为华特位、上颌骨侧位体层摄影（经磨牙列）、上颌骨正位体层摄影、CT横断面平扫、MRI横断面及冠状面扫描等。上颌窦在华特位片、上颌正位体层片、CT横断面、MRI横断面及冠状面上，均显示为三角形低密度腔隙；在上颌侧位体层片及MRI矢状位图像上，



(1)



(2)

图17-2-12 正常上颌窦影像

(1) CT横断面平扫图像，示上颌窦呈三角形影像；(2) 上颌侧位体层片，示上颌窦近于四方形，其中可见颧牙槽嵴影像

上颌窦形态近于四方形。在上颌侧位体层片上颌窦内可见呈倒置三角形态的颧牙槽嵴影像（图 17-2-12 (1) (2)）。

上颌窦于 2 岁时才能在 X 线片上显示，在迟牙萌出时间发育完成。两侧上颌窦一般对称，但也有一侧发育较小者。上颌窦顶壁为眶底下面，窦底为上颌骨牙槽突，内侧壁为鼻腔外侧壁，前壁、后壁亦为上颌骨体的前、后壁。

三、下 颌 骨

下颌骨为口腔颌面部唯一可以运动的骨骼，两侧下颌骨体于中线处相连接，形成一弓形结构。目前口腔颌面影像学检查下颌骨病变的主要方法仍为下颌骨侧位片，下颌骨后前位片、下颌升支切线位片及曲面体层片等常规 X 线检查。下颌骨侧位又分为下颌骨体侧位、下颌骨尖牙位及下颌升支侧位三种。下颌骨体侧位片上可清楚地显示下颌骨体及下颌升支（图 17-2-13）。咽腔呈低密度、宽而整齐的影像与下颌升支重叠，不要误诊为有骨质破坏。下颌乙状切迹正中向下可见一小的高密度影像，为下颌小舌，其后为呈椭圆形低密度影像的下颌孔。由下颌孔向下前方可见与下颌骨体平行并延伸至前磨牙部位的约 0.3cm 宽的长条形低密度影像，为下颌管。下颌管管壁呈高密度线条状影像。下颌管前端，相当于前磨牙区可见与下颌管宽度相当的圆形低密度影像，为颏孔。在下颌升支前缘，可见向前下方斜行的呈高密度影像的外斜线。下颌骨体结构在下颌管以上致密，影像密度较高；下颌管以下骨质疏松，密度较低。颏孔和下颌角区域为正常生理疏松区。在下颌升支侧位则可清楚地显示下颌升支、髁状突和部分磨牙区。在下颌骨尖牙位片则以观察下颌骨尖牙区最为满意。

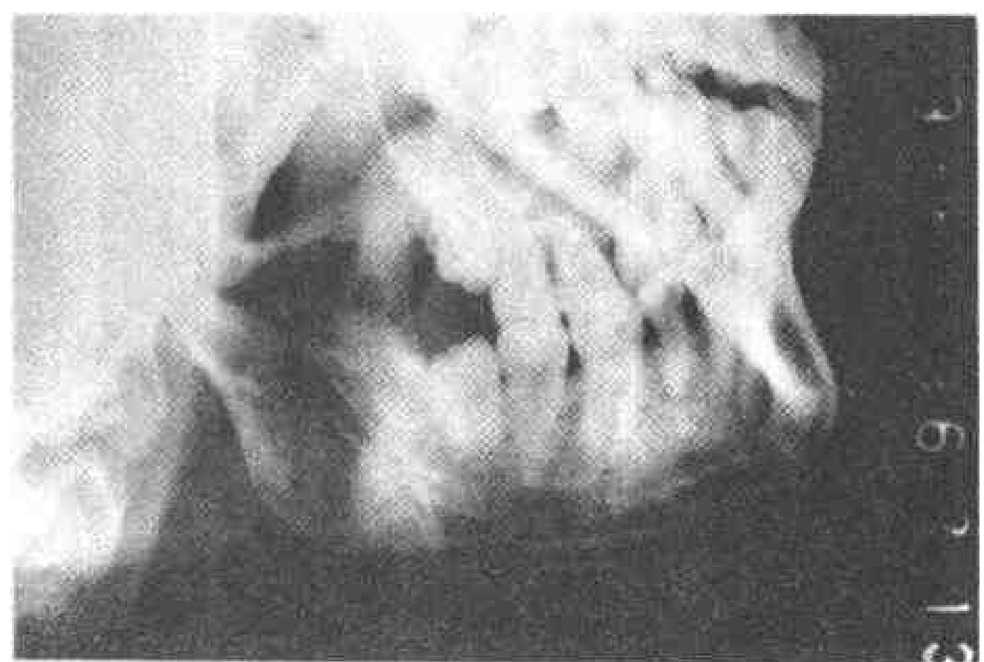


图 17-2-13 正常下颌骨侧位图像
可清楚显示下颌骨体及下颌升支结构

下颌骨后前位片可显示上下颌骨后-前位影像，下颌颏部与颈椎重叠，喙突位于髁状突内侧。在此片上能显示上、下颌间隙，其间的骨性突起为寰椎横突。下颌升支切线位可显示一侧下颌升支后前切线位影像，喙突重叠于髁状突颈部的前方。升支外侧密质骨表面光滑、致密。

如投照技术良好，曲面体层片可同时显示双侧上颌骨、下颌骨、上颌窦、鼻腔及颞下颌关节等结构的体层影像。下颌骨结构的 X 线解剖特点与下颌骨侧位片大致相同。颏部常因颈椎影像重叠而在曲面体层片上显示不清，但在下颌体腔片上则可清楚显示（图 17-2-14）。



图 17-2-14 正常下颌体腔片图像

四、颞下颌关节

颞下颌关节为左右联动关节，通过下颌骨将左右两侧关节联结为一个整体，兼有转动运动和滑动运动，为人体结构和功能最复杂的关节之一。

1. 关节间隙 目前口腔影像学检查颞下颌关节间隙主要采用颞下颌关节侧斜位、矫正颞下颌关节侧斜位、颞下颌关节侧位体层片及矫正颞下颌关节侧位体层片。X 线片上的关节间隙代表关节窝、关节结节及髁状突表面覆盖软骨、关节盘及真正的关节上、下腔，而非仅表示关节腔。实际上的关节腔仅为一潜在的间隙。正常情况下，关节前后间隙基本相等，称

为髁状突中心位。如进行严格测量，则关节上间隙稍宽，后间隙次之，前间隙最窄，但相差甚微。矫正颞下颌关节侧斜位和矫正颞下颌关节侧位体层片可分别准确地反映颞下颌关节外侧1/3及中间层面的关节间隙情况。

2. 关节结节及关节窝　关节结节高度约为7mm，斜度约为54°角，但不同个体之间可有所差异。关节结节后斜面为关节功能面，两侧大致对称。关节结节多为圆弧形突起，曲线圆滑。少数人可见颞骨乳突蜂窝发育过度，延伸至关节结节处，关节窝底有密质骨边缘与关节结节相连续。

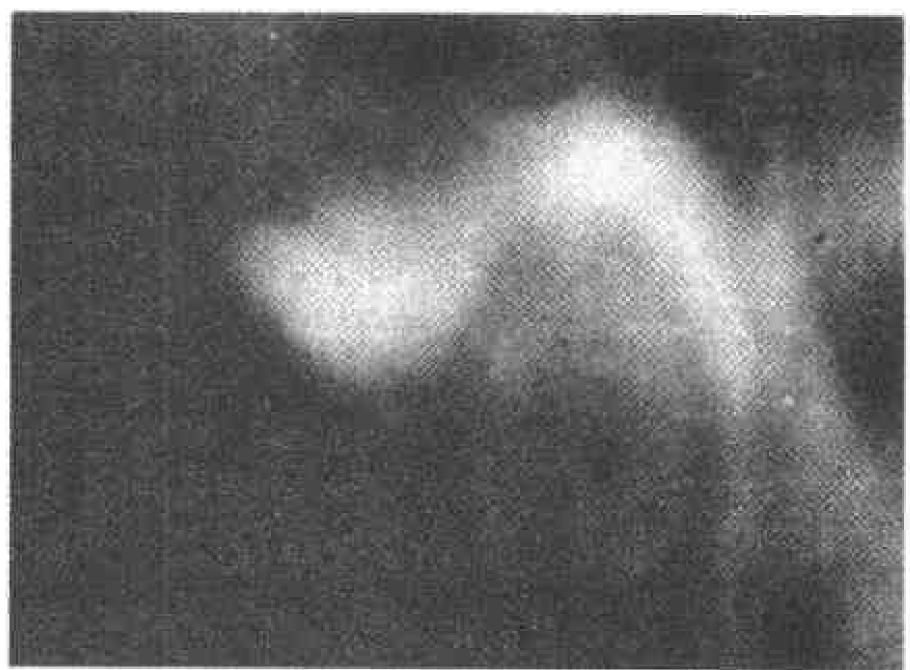
3. 髁状突　髁状突形态可为圆柱形、椭圆形或双斜形。Yale曾在尸体标本上观察到32种髁状突形态，年轻人顶部一般较圆，老年人则较扁平。髁状突前斜面为关节的功能面。成人髁状突围绕以连续不断的、整齐、致密而又较薄的密质骨边缘，其下方骨纹理结构均匀。儿童髁状突表面无密质骨，而为一钙化层覆盖；15岁后才逐渐形成完整的密质骨。因而，儿童髁状突于X线片上常显示密质骨不清晰，勿认为是病理改变。

4. 关节盘　关节盘位于关节结节后斜面、关节窝与髁状突之间，为椭圆形，自前面后关节盘结构依次为前附着、前带、中间带、后带及后附着（又称为双板区）。盘前、中、后三带总称为关节盘本体部。三带中以后带最厚，前带次之，中带最薄。在正中𬌗位时，关节盘后带后缘与髁状突横嵴相对应。关节盘内、外侧在髁状突内、外极侧面均有紧密的附丽，以使关节盘与髁状突同步运动。关节盘在髁状突外极的附着比较薄弱。在关节盘前内角处附有翼外肌上头的内、上纤维束。

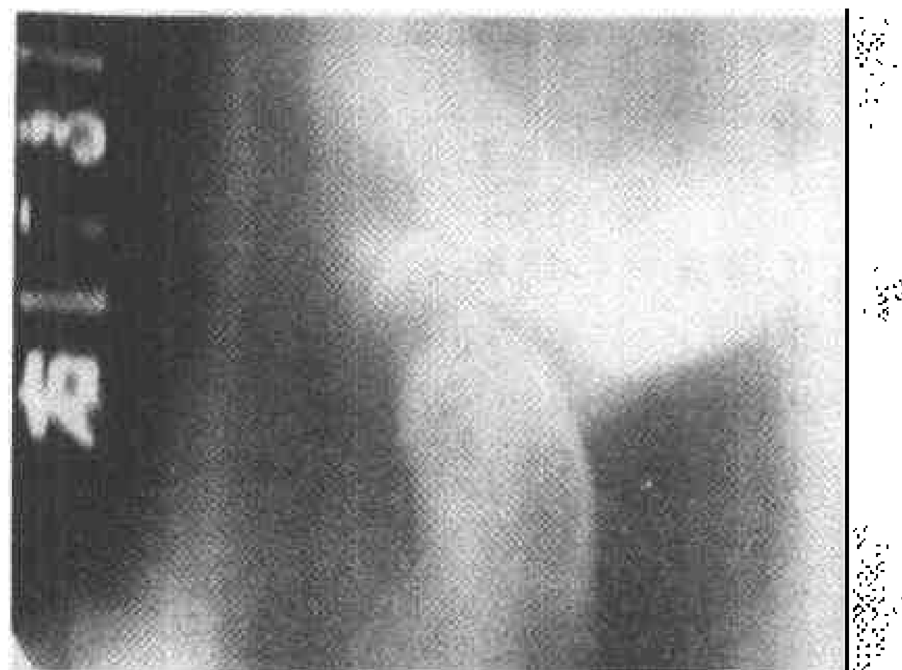
口腔颌面影像学中检查关节盘的方法主要为关节单纯碘水造影和磁共振。

(1) 关节造影：关节上腔造影侧位体层闭口位片上，关节上腔充以致密的造影剂，为S形，前、后隐窝造影剂分布均匀。造影剂下缘即为盘本体部及其颞前、后附着的上缘，呈低密度影像。关节盘本体部上缘呈中间凹陷而前后上凸的形态，中间凹陷部位为关节盘中带，其前后上凸部分分别为关节盘前带和后带。在正中𬌗位时，关节盘本体部位于关节结节后斜面和髁状突前斜面之间，盘后带后缘位于髁状突横嵴之上。在关节开口位片上，可见髁状突位于关节结节顶下方或稍前，前上隐窝造影剂基本消失，后上隐窝明显扩张，为造影剂所充满。造影剂下缘前部清楚地显示呈低密度影像的关节盘本体部，三带分界比侧位体层闭口位片更为清晰、明确（图17-2-15)。颞下颌关节侧斜位闭口片造影图像特征与侧位体层片近似，唯可见关节上腔中部和内侧的造影剂形成半月形影像遮盖部分髁状突。

在关节下腔造影侧位体层闭口位片上，髁状突表面为造影剂所覆盖，髁状突凸面造影剂甚薄。在关节窝底与造影剂上缘之间主要为关节盘之低密度影像，在正中𬌗位时关节盘后带后缘与髁状突横嵴相对应。开口位时造影剂自前下隐窝流人后下隐窝，使后下隐窝影像类似



(1)



(2)

图17-2-15　正常颞下颌关节上腔造影侧位体层图像
(1) 闭口位；(2) 开口位

半个心脏。

(2) 磁共振检查：在颞下颌关节矢状位或斜矢状位闭口磁共振 T_1 加权像上，可清晰地显示关节盘本体部呈双凹状低信号结构，位于关节结节后斜面与髁状突前斜面之间，盘前、中、后三带清晰。关节盘双板区为高信号结构，位于髁状突后上方，其与关节盘后带之间有比较清晰的分界线。正常关节盘位时，该分界线位于髁状突顶部约 12 点处。在冠状位或斜冠状位 T_1 加权像上，关节盘呈内厚外薄之形态，位于髁状突上方。开口矢状位或斜矢状位 T_1 加权像，可清楚地显示低密度的关节盘本体部位于关节结节与髁状突之间，关节盘中带与髁状突横嵴相对应。此时关节盘的双凹形态更为清晰(图 17 2 16)。

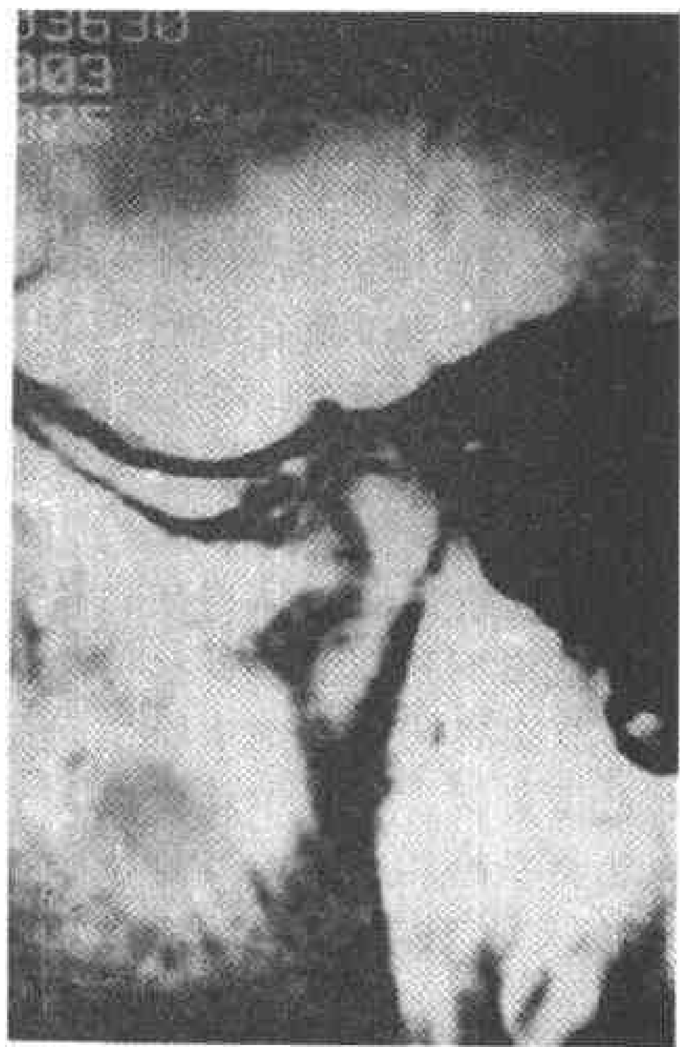


图 17-2-16 正常颞下颌关节闭口磁共振 T_1 加权像

5. 关节囊 包绕颞下颌关节，呈漏斗状，外层为纤维层，内层为滑膜层。其前上附于关节结节前缘，外上附于关节窝外缘，后上附于关节后结节的前面，内上附于蝶骨角棘的基底部。关节囊下部附于髁颈部，内、外侧附着点均在关节盘内、外附着点的下方。对于关节囊的检查主要依赖关节造影与磁共振检查。在颞下颌关节侧斜位上腔造影片上可见关节上腔呈半月形高密度影像重叠在髁状突影像上，关节下腔造影时，则可见关节下腔呈钟形造影剂覆盖于髁状突上。由于正常关节囊组织甚薄，磁共振图像常难以分辨。但在关节囊炎症或其他增生性病变时，则可清楚显示，特别是在冠状位或斜冠状位上尤为清楚。

五、腮腺间隙

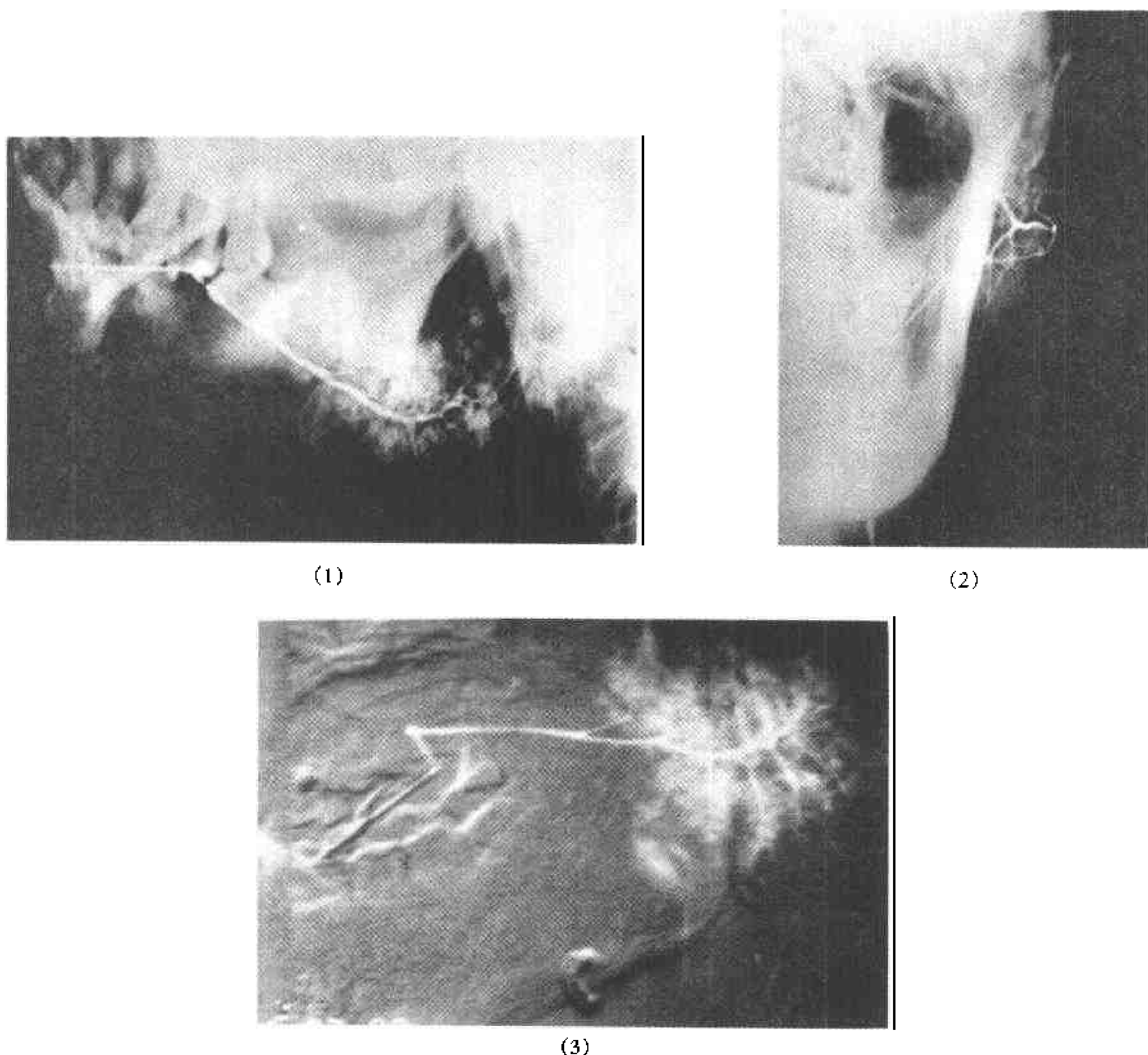
腮腺间隙内包括腮腺、面神经、颌后静脉、颈外动脉及腮腺内淋巴结。

1. 腮腺为最大的唾液腺，主导管延伸至口腔，开口于第二磨牙相对应的颊粘膜上。口腔颌面影像学检查腮腺的方法主要为腮腺造影、CT 及磁共振。

在腮腺造影侧位片上可见自主导管分出的分支导管向上、向下走行，与主导管相连处近于直角。导管系统在腺体内逐级分支，最后进入腺体组织，一般可分为干线型和分散型二类。干线型主导管较短，分支导管分出较早；分散型主导管较长，分支导管几乎在主导管近腺体的 1/3 端同时分出。除腮腺导管系统应有良好显示外，尚应有轻度腺泡充盈，以有利于腺体病变显示。腮腺造影后前位片可显示腮腺后前位影像，腺泡软组织影像位于下颌升支外侧，上下两端较薄，中间较厚，腺泡充盈均匀，腺体外缘略呈弧形（图 17-2-17）。

在声像图上，腮腺组织显示为细而均匀的中等回声结构，其浅面为低回声的皮下脂肪，前方深面为回声低而粗糙的咬肌。腮腺与周围组织显示有分界，但不清晰。纵切面上，腮腺呈长梭形，深方常能见到面后静脉。横切面上，腮腺呈三角形。在下颌骨延长线浅面相当于腮腺浅叶，此线深方相当于深叶，横跨此线部分相当于颌后区。

在不同 CT 横断面层面上，腮腺形态不同。在相当于经下颌小舌平面上，腮腺形态显示较为完整。可见其浅叶向前延伸于咬肌表面，向后与胸锁乳突肌相邻。深叶向内延伸至下颌升支内侧，与咽旁间隙相邻，前界为翼内肌，后界为茎突及其附丽的肌肉。在 CT 平扫图像上，腮腺密度低于周围的肌肉，高于皮下组织、颞下窝及咽旁间隙的脂肪（图 17-2-18）。在腺体萎缩、脂肪成分增加时，腮腺的密度降低。



(1)　(2)　(3)

图 17-2-17　正常腮腺造影图像

(1) 侧位；(2) 后-前位；(3) 数字减影腮腺造影侧位

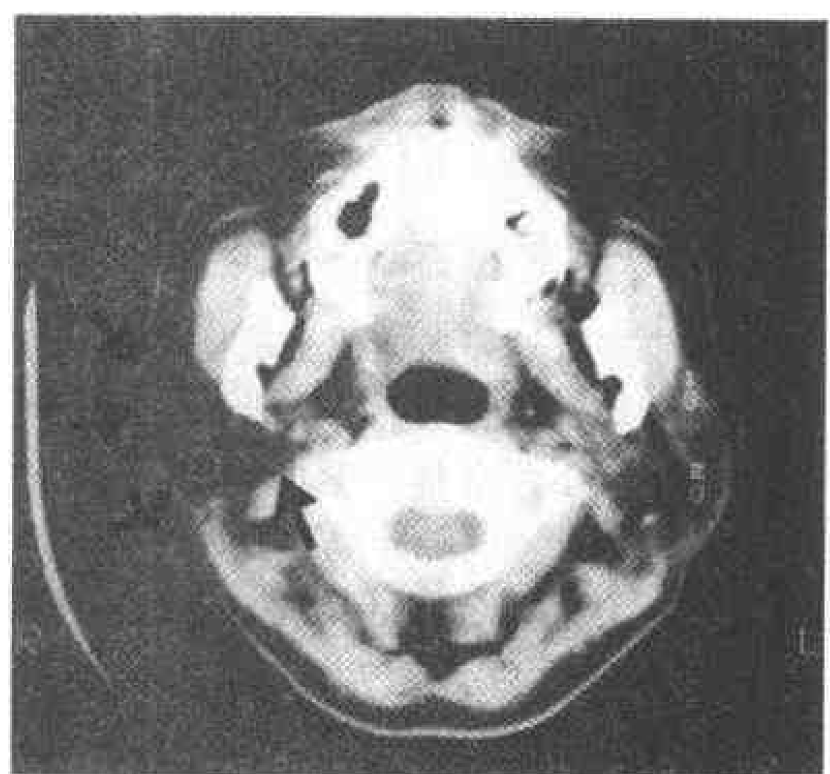


图 17-2-18　正常腮腺 CT 平扫图像

↑所示正常腮腺呈三角形，密度低于周围肌肉

由于腮腺组织为脂性腺组织，因此其磁共振图像呈较高的均匀信号强度。所见其浅叶、深叶毗邻结构关系与 CT 者相同。在 T_2 加权像上，腮腺信号无明显增高。

2. 面神经　腮腺内面神经将腮腺分为浅叶和深叶，一般在 CT 或 MRI 不能常规显示。在磁共振横断面 T_1 加权像上所见到的线状低信号影像很可能是腮腺导管的分支而非面神经。

3. 血管在腮腺间隙内常可见到二条血管：颌后静脉位于外侧，而颈外动脉位于内侧。面神经恰在颌后静脉外侧通过。

4. 淋巴结　由于在胚胎发育中，腮腺被膜形成较晚，腮腺实质内有淋巴结。其结果使腮腺成为邻近头皮、外耳道及面深部恶性肿瘤的第一顺序引

流部位。正常腮腺含有20～30个淋巴结。

5.腮腺导管　在连续3mm薄层CT横断面图像上，一般可显示腮腺导管。扫描平面与硬腭平行为确保显示腮腺导管的最好平面。已有作者证明，在磁共振横断面T_1加权像上所显示的线状、低信号结构，以往曾误认为是腺体内面神经，而实际上为穿过腺体的导管。

六、颌下间隙

颌下间隙位于下颌舌骨肌下外方及舌骨的上方，包括颌下腺浅部、二腹肌前腹、颌下及颏下淋巴结、面动静脉、舌下神经下袢及脂肪。该间隙中最重要的结构为颌下腺和两组淋巴结。该间隙疾病大多数病例来自这二种结构。颌下腺被膜形成较早，颌下腺腺体内无淋巴结。

目前检查颌下腺的方法为颌下腺造影、灰阶超声、CT及磁共振。

颌下腺造影侧位片为最常用的检查方法，可显示颌下腺侧位影像。颌下腺主导管长5～7cm，管径1.5～3.5cm，管口位于舌下区前部；其走行方向为由前上向后下经下颌体部，在下颌角前约呈直角向下弯曲。腺体外形近似梨形。主导管在弯曲部下方再向两侧分出分支导管（图17-2-19）。副腺体多在近颌下腺体处、主导管下部分出。

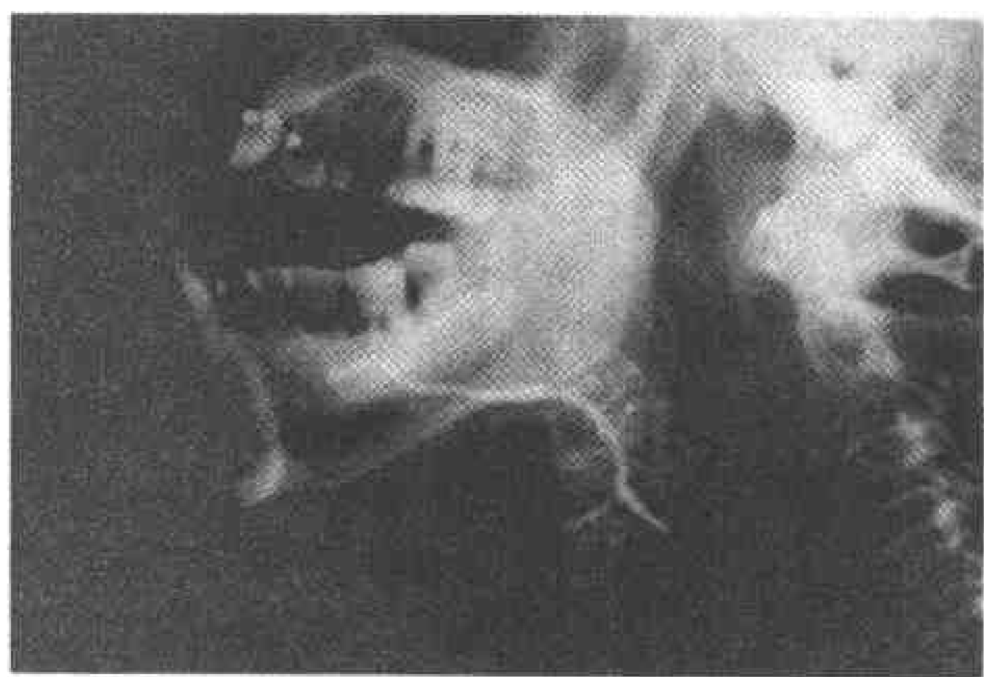


图17-2-19　正常颌下腺造影侧位图像

灰阶超声图像：正常颌下腺为横椭圆形，呈均匀一致的中等回声。其浅层为皮下组织和颈阔肌，深层为二腹肌前后腹，与颌下腺之间有清晰界线。前方可见平行的管状回声，为颌下腺导管。

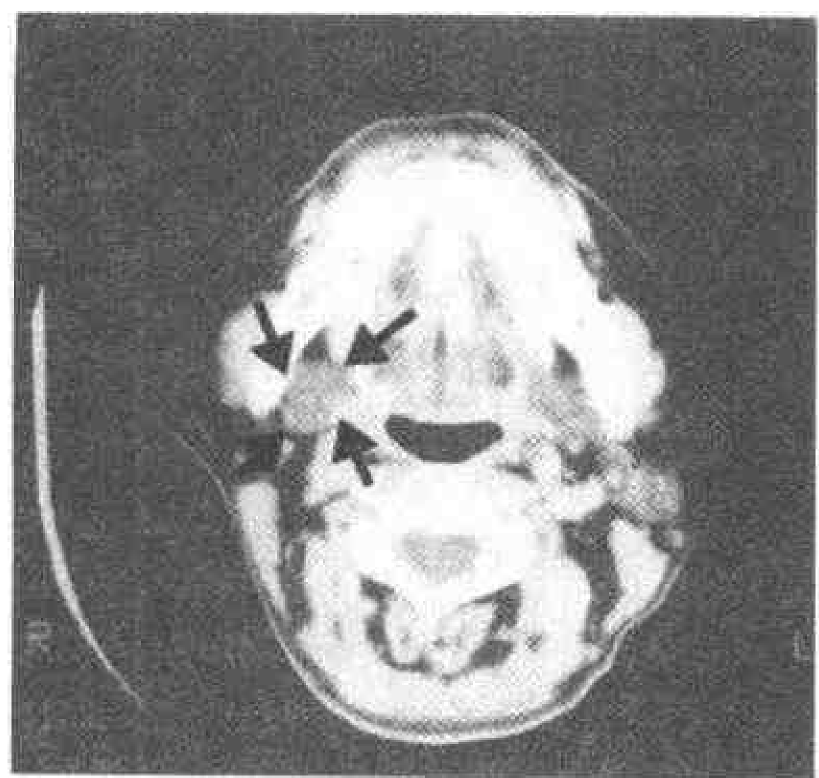


图17-2-20　正常颌下腺CT平扫图像
▲所示颌下腺呈近圆形，密度与周围肌肉相近

在横断面CT图像上，颌下腺前方及前外方与下颌骨相连，前内侧与下颌舌骨肌、舌骨舌肌相连，后方为胸锁乳突肌，后内侧可见颈内动静脉。在CT平扫图像上，颌下腺密度高于腮腺，同肌肉相近，CT值约40H（图17-2-20）。在磁共振横断面图像上，颌下腺信号高于周围肌肉组织，但较脂肪信号为低。

七、口底、舌根及舌基底

尽管“口底”这一名词似乎是描述在口腔下部的多种结构，而实际上是下颌舌骨肌的同义词。下颌舌骨肌起着对下颌骨体拉紧的作用。除后缘外，其将舌下间隙和颌下间隙分隔开。舌根是指口腔深部肌肉（包括颏舌肌、颏舌骨肌）和舌下间隙后部。舌基底是指舌后1/3，其主要为舌扁桃腺组成。舌基底实际上为口咽部的一部分。对于口底、舌根及舌基底病变的检查主要为CT和MRI。

（马绪臣　孙广熙　张祖燕）

第五节 牙及牙周疾病

一、龋 病

龋病是牙硬组织发生慢性进行性破坏的一种疾病，是人类的常见病、多发病之一。在各种疾病的发病率中，龋病位居前列，其患病率和发病率都很高。经多年的统计资料显示，我国龋病患病率基本稳定在40%左右。

【X线表现】

1. 浅龋 只累及牙釉质或牙骨质。发生于颌面或窝沟者，临床检查即可发现，一般不需要作X线检查。对于邻面牙颈部的龋坏，需用X线检查。浅龋表现为圆弧形的凹陷缺损区，边缘不光滑，其范围一般较小。牙颈部是龋病的好发部位之一，但在X线片上所显示的影像往往与正常牙颈部釉牙骨质交界处所形成的三角形密度减低区发生混淆，需认真区别。正常牙颈部所形成的低密度区其边缘清楚，相邻多数牙可呈现相同的影像。读片时应仔细观察。

2. 中龋 龋病已进展至牙本质浅层，X线片可清楚地显示病变。有的表现为圆弧凹陷状牙硬组织缺损；有的表现为口小底大的倒凹状的缺损（图17-2-21）。由于中龋时牙髓组织受到激惹而产生保护性反应，在龋洞底壁邻接髓室壁有修复性牙本质形成，故洞底的边界清楚。



图 17-2-21 牙龋病
|6远中邻面中龋|7 近中邻面深龋

3. 深龋 龋病进展至牙本质深层，接近牙髓室甚至与牙髓室相通，临床上可见很深的龋洞。X线检查的目的是了解龋坏的程度，是否伴有根尖周炎症。对于邻面深龋和有些隐匿性龋洞，X线检查显得更重要。片上可见到较大的龋洞（图17-2-22、17-2-23），龋洞底与髓室接近，髓室角变低，髓室变小。有的龋洞与髓室间有一薄层清晰的牙本质和继发牙本质影像，提示尚无穿髓；当龋洞与髓角或髓室相融合则提示已穿髓。但是单从X线片确定龋坏的深度及是否穿髓并不十分准确可靠，需结合临床检查确定。由于投照原因，牙在X线片上显示的是一个平面重迭图像，在诊断时往往会将未穿髓者误认为穿髓；反之，也可因穿髓处被颊或舌侧



图 17-2-22 6|殆面深龋



图 17-2-23 深龋
|7远中邻殆面深而广的龋坏已穿髓伴根尖感染



图 17-2-24 继发龋
|3充填物下有龋坏|2残冠

尚存的正常牙硬组织所掩盖而显示不清。

龋病治疗后，窝洞周围牙体组织又发生龋坏，称为继发龋，需经X线检查确诊。X线片上可显示在金属充填物下方，牙硬组织破坏形成密度减低的不规则的窄缝，边缘常不光滑（图17-2-24）。在观片时要注意和区别金属充填物下方的垫底材料，因为这些材料往往是透射性的，X线表现为低密度影像。

二、牙 髓 病

牙髓病是指所有牙髓组织的疾病，包括牙髓充血、牙髓炎、牙髓变性、牙内吸收和牙髓坏死。X线检查仅对牙髓钙化和牙内吸收有诊断价值。

（一）牙髓钙化

牙髓组织血循环较差，髓室随年龄增长其内层继发性牙本质也逐渐增多而致髓室变窄，根尖孔也逐渐变小，引起牙髓内血液循环减少，加之受各种理化因素刺激，牙髓组织发生代谢障碍，细胞变性，纤维成分增多，牙髓活力降低，引起牙髓变性。牙髓变性后钙盐沉积，形成大小不等的沉积物，填塞于髓室中。牙髓钙化有两种形式，一是髓石形成，二是弥散性钙化。前后牙均可发生。髓石可有不同的形状，后牙多表现为游离在髓室内的类圆形物，前牙表现为条状或针状；弥散性钙化则表现为砂砾状布满髓室内。一般无临床症状，常常是X线摄片偶然发现。极少数病人可因髓石压迫牙髓神经引起放射性疼痛，似三叉神经痛，但无扳机点；有的可表现为急性牙髓炎疼痛症状。

【X线表现】 牙髓钙化分为局限型和弥散型两种类型。局限型髓石与髓室形状有一定关系。后牙髓室呈四方形，髓石往往表现为大小不一的圆形或卵圆形的致密影（图17-2-25）。髓石可游离于髓室内，也可附着于髓室壁。前牙髓石可呈条状或针状充满于髓室及根管内，其周围有线状低密度影像围绕。

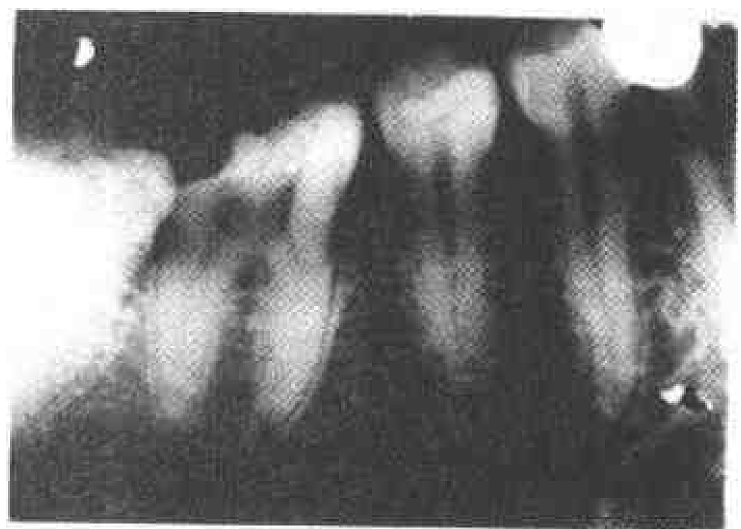


图17-2-25 髓石
6|殆面深龋，髓室内有一小团致密的髓石

弥散性牙髓钙化表现为正常髓室及根管影像完全消失，不能辨别出髓室界限。有的髓室尚可见，但变得很细，这种情况通常影响牙髓和根管治疗。

（二）牙内吸收

牙内吸收是由于牙髓受到不良刺激后，牙髓组织发生肉芽性变，其内产生破骨细胞而引起髓室内牙本质吸收。一般由创伤或慢性炎症等刺激所引起，但在作过活髓切断术或再植术的牙也可发生牙内吸收。一般无自觉症状，少数可出现类似牙髓炎的疼痛症状。以上前牙多见，后牙也可发生。当牙本质吸收程度较重时，牙硬组织变薄，肉芽组织的颜色可透到牙表面而呈粉红色，严重时可发生病理性牙折断。



图17-2-26 牙内吸收
|1残根冠，髓室根管扩大，冠部有充填物伴根尖囊肿并累及|2的根尖



图17-2-27 根管内吸收
6|远中根管下部增宽，远中至根叉下牙槽骨呈弧形吸收

【X线表现】 患牙髓室扩大，呈圆形或卵圆形或不规则形密度减低的透射影。发生于根管者，有长短不一、粗细不均沿根管的扩大影，髓室壁或根管壁变薄（图 17-2-26、17-2-27）。可伴有根尖吸收和根尖感染，甚至发生折断。

三、根尖周疾病

根尖周病是指根尖周及其周围组织所发生的病变，包括根尖周肉芽肿、根尖周脓肿、根尖周囊肿等。根尖周疾病X线检查十分必要，能确定病变的性质、程度及范围，有助于治疗方案的制定。

（一）根尖周炎

根尖周炎常常是由牙髓感染、牙髓坏死、细菌及毒素皆可通过根尖孔，引起根尖周组织发炎，其次外伤及化学刺激也可表现为急性和慢性炎症。

根尖周脓肿

分为急性和慢性两种。最初只局限在根尖孔附近的牙周膜中，继续发展则向牙槽骨扩散，造成骨质破坏，最后达到骨膜下，穿破骨膜、粘膜，脓液排出，转为慢性炎症。如治疗不彻底或全身抵抗力下降时又会再发展为急性炎症。

在急性浆液性阶段，主要表现为咬合痛。初期只有不适、牙早接触，用力咬合时还可缓解；当病变进一步发展，牙周膜内有血液瘀积，咬合时疼痛加重，出现自发性疼痛，呈持续性、搏动性痛，有明显叩痛。此时可有明显的全身症状出现。当转化为慢性炎症时，自觉症状就不明显。有时感患牙不适，咬物痛，牙龈上可出现瘘管。牙可变色，无活力。

【X线表现】 急性期早期X线检查根尖周骨质无明显改变，有时牙周膜间隙稍微增宽，骨质稀疏；随病情发展，可见以病源牙为中心，骨质破坏程度较重，呈弥散性破坏，边界不清。慢性期在根尖区呈一边界清楚，边缘不光滑的小范围骨质破坏的低密度区，骨硬板消失，病变一般较局限，外围可有骨质增生反应（图 17-2-28）。



图 17-2-28　|2 根尖周脓肿

根尖周肉芽肿

根尖肉芽肿是由于炎性牙髓、坏死牙髓的感染扩散，经根尖孔缓慢刺激根尖周，一开始就作为一种慢性过程而发病。极少数也可能由急性根尖周炎转变而来。它是慢性根尖周炎的主要病变类型。

根尖周肉芽肿为附着于根尖部的一团肉芽组织，一般约绿豆大小，周界清楚，外有纤维组织包绕，且与牙周膜连续，拔牙时可一同拔除。一般无自觉症状，初期症状可在叩诊时有不适感，有时感牙伸长，偶有轻微疼痛。如有牙髓坏死分解，则牙有变色。

【X线表现】 在病源牙的根尖、根侧方或根分叉有圆形或卵圆形的密度减低区，病变范围较小，直径一般不超过1厘米，周界清楚、无致密的骨壁线。病变周围的骨质正常或稍变致密（图 17-2-29）。



图 17-2-29　根尖周肉芽肿

1|1 根尖低密度，|1 密度低而均匀为根尖周囊肿。1| 密度稍高为根尖周肉芽肿

根尖周囊肿

常为根尖肉芽肿转变而来。由肉芽肿转变成囊肿的过程较长，患者常无自觉症状。囊肿呈膨胀性扩张，使颌骨膨大。多数囊肿体积不大，平均直径为1～2厘米。有的囊肿可发展较大，扪之有乒乓感或波动感。还可压迫邻牙，使之松动移位。

【X线表现】 多有龋齿、畸形牙等病源牙的存在。以病源牙根尖为中心，形成形状较规则、大小不等的圆形或卵圆形骨质破坏低密度病变区，边缘清晰锐利。由于囊肿发展极为缓慢，周围骨质受到长期的刺激，在囊肿边缘形成一致密的硬骨板，又称骨壁线（图 17-2-30）。当囊肿继发感染，骨壁线可消失。囊肿也可以增长很大，造成骨质膨胀畸形，骨密质变薄。有的由于骨阻力的不同而形成分叶状。牙可被推压移位，牙根偶有吸收。



图 17-2-30　根尖周囊肿
1 根尖周骨质破坏，形状规则，界清有细薄骨壁线，囊内密度低而均匀

（二）致密性骨炎

致密性骨炎是根尖周组织受到轻微缓慢的低毒性因素刺激产生的一种骨质增生的防御性反应。多见于青年人，下颌第一磨牙多见，常有较大的龋坏，一般无自觉症状。

【X线表现】 患牙根尖区骨小梁增多增粗，骨质密度增高，骨髓腔变窄甚至消失。与正常骨组织无明显分界。根尖部牙周膜间隙可增宽，根尖无增粗膨大（图 17-2-31）。



图 17-2-31　根尖周致密性骨炎
6| 殆面深龋　牙槽嵴骨质稀疏，近中根硬板增厚，牙周间隙增宽、根尖周骨纹增粗变致密

（三）牙骨质增生

牙骨质增生是由于轻度慢性刺激，成牙骨质细胞活跃，产生继发性牙骨质，沉积在被感染牙根尖的边缘及正常牙周膜处。可由慢性炎症、创伤或其他一些不明原因刺激所致。常见于龋病、牙周病及颌创伤的牙。有时因拔牙困难、牙萌出困难或其他原因拍摄 X 线片时偶然发现。

【X线表现】 由于增生的牙骨质沿牙根不断沉积，使牙根变粗增大。如仅位于根尖，则表现为根尖呈球状增生；如波及整个牙根，则牙根体积膨大，牙周膜间隙消失，与牙槽骨发生粘连（图 17-2-32）。



(1)



(2)

图 17-2-32　牙骨质增生
(1) |6牙骨质增生，牙根增粗，牙周间隙消失，根骨质粘连致|6不能正常萌出；(2) |1 残根，根管充填，根尖周牙骨质增生

四、牙发育异常

由于全身或局部因素引起牙在生长发育过程中的障碍，造成牙发育异常。包括形态、结构、位置及数目等的异常。

（一）牙体形态异常

畸形中央尖

牙颌面中央窝处有一额外的锥形牙尖，常为对称性发生。多见于下颌前磨牙或上颌前磨牙，磨牙偶尔可见。中央尖高出殆面2～3mm，牙髓伸入尖内，一旦磨损或折断，导致牙髓和根尖感染。畸形中央尖由釉质、牙本质组成，容易磨穿。感染发生的越早，根尖就越不容易形成。

【X线表现】　畸形中央尖的X线表现与牙萌出时间和有无感染有关。新萌出的牙，牙尖无磨损，片上可显示颌面中央窝处有一突出的小牙尖。投照时如与舌尖重叠则表示为舌尖粗大。如中央尖未穿破造成牙髓感染，则根尖可正常形成。但大多数患者的中央尖都在咀嚼过程中发生磨耗和破损，导致牙髓和根尖周感染，造成根尖发育障碍。片上显示牙根变短，髓室根管粗大，牙根不能形成，根尖孔扩大呈喇叭形，常伴根尖感染（图17-2-33（1）（2））。



(1)



(2)

图17-2-33　畸形中央尖

（1）$\overline{5|}$畸形中央尖，冠部尚残留有部分$\overline{V|}$的残冠，$\overline{IV|}$冠亦未脱落。因$\overline{5|}$中央尚未磨损故根无异常；（2）$\overline{5|}$畸形中央尖磨损折断，故伴根尖感染，根未发育完全

畸形舌侧窝、畸形舌侧尖、牙中牙

是一种常见的发育畸形，统称为牙内陷。由于发育时期成釉器在某些因素影响下出现突出或内陷，伸入牙乳头中，而形成畸形。牙内陷多见于上颌侧切牙。表现为体积增大的圆锥形牙，少数可呈较小的锥形牙。根据牙内陷的深浅程度及形态变异，可分为畸形舌侧窝、畸形舌侧尖和牙中牙。畸形舌侧窝是最轻的一种，在牙冠舌侧窝处形成一囊状深陷的窝沟；舌侧窝与舌侧沟可同时出现，由舌侧越过舌隆突，向根方延伸，甚至有的将牙根分裂为二，形成一个额外根；畸形舌侧尖是除舌侧窝内陷外，舌隆突呈圆锥状异常突起，形成一小牙尖如指状，牙中牙是牙内陷最严重的一种，舌侧窝纵形裂沟深陷，加之突起的指状牙尖，形成类似牙中牙的改变。

【X线表现】　牙内陷表现为牙体形态异常，多呈圆锥状，有的体积增大，有的过小，牙根常变粗壮。舌隆突特别突出隆起，X线片上显示为与牙冠重叠的密度增高的小牙尖，为畸形舌侧尖（图17-2-34（1））。如果舌隆突异常突起，同时在舌侧窝出现一透射的纵形裂沟，可将舌隆突一分为二，甚至可达根尖，为畸形舌侧窝（图17-2-34（2））。当舌侧窝向髓腔陷入过深，由于釉质密度较高，在牙中央形成一类似小牙的结构与患牙重叠，故称为“牙中牙”（图17-2-34（3））。常伴有根尖感染。

融合牙

由两个正常牙胚相互融合而成。可分为牙冠融合、牙根融合和冠根融合。无论在什么部位发生融合，其牙本质是通连的。这点与结合牙是不相同的。融合牙的形成一般认为是由于压力所致。

融合牙可发生于乳牙或恒牙列。常发生于下颌乳切牙，乳牙更多见。此外，正常牙和额外牙也可发生。牙冠发生融合时，临床检查容易发现，而根部的融合则需X线检查才能确定。

【X线表现】　根据融合牙融合的程度可分为完全性和不完全性融合。完全性融合者是在两个牙钙化完成之前形成，显示牙冠和牙根融合形成一个巨大畸形牙。不完全融合则是牙冠或牙根发生融合，牙冠融合表现为两个根管，牙根融合则表现为合二为一的粗大根管。融合牙可伴根尖感染。X线检查主要是确定融合的方式、根管情况及根尖是否伴有炎症（图17-2-35（1）（2））。

牙根异常

牙在发育期间受到某种因素刺激而造成牙根数目异常和形态异常。



(1)



(2)



(3)

图 17-2-34　畸形舌侧窝
(1) |2 锥形牙，畸形舌侧窝与高起的舌侧牙尖，伴根尖感染；(2) 2| 畸形舌侧窝，牙根明显增粗，冠畸形呈锥形大牙，伴根尖感染；(3) |2 严重的畸形舌侧窝和舌侧尖，形成似"牙中牙"伴根尖周脓肿



(1)



(2)

图 17-2-35　融合牙
(1) 1|2 牙冠融合伴根尖周脓肿；(2) ⅢⅡ| 牙根融合部分牙冠融合，切缘分开

【X 线表现】　牙根异常在临床检查时难以发现，必须通过 X 线检查才能确定。牙根异常多见于恒磨牙，尤其第三磨牙变异较大。有时为一个融合根，有时为二根或三根，甚至为四个根，根的长度及弯曲度可不相同。颊舌侧牙根由于投照的原因，可相互重叠，观片时应仔细观察牙周膜的影像，一般可见围绕牙根有双重牙周膜影像，据此可判定牙根的数目。牙根数目的确定对于根管治疗和拔牙术都有密切关系。牙根形态异常可发生于任何牙，尤其是牙发育异常者，多表现为牙根短小，呈杵状。有的前磨牙或前牙仅表现为牙根弯曲（图 17-2-36）。通过 X 线检查，了解牙根数目和形态的改变，有利于治疗方案的确定。

（二）牙结构异常

釉质发育不全

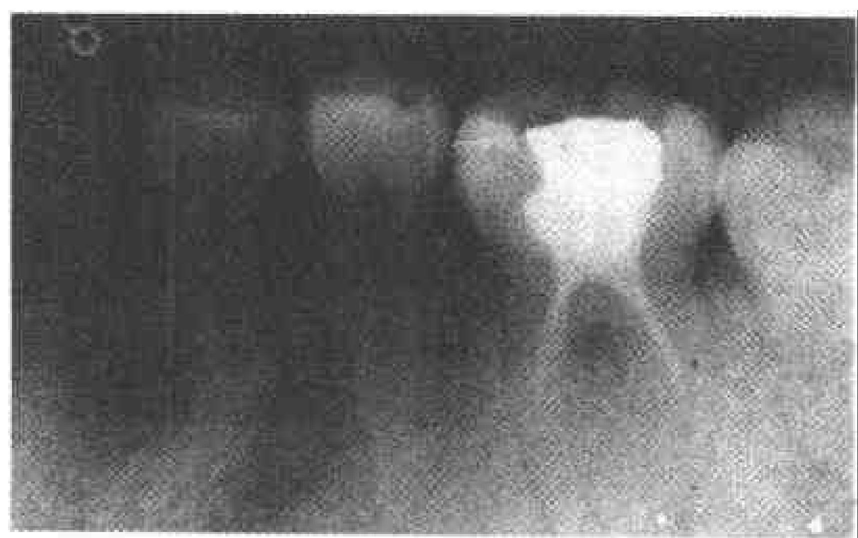


图 17-2-36　牙根弯曲
⌈4牙根向近中弯曲，尤以根尖弯曲显著

牙发育期间，由于全身或局部的原因使牙釉质发育受到障碍而造成釉质基质不能形成或已形成基质不能及时矿化，致使形成永久性釉质缺损。釉质发育不全的病因不甚清楚。有学者认为有遗传性，为常染色体显性遗传，无性连锁。全身因素如婴幼儿的高热疾病、严重营养障碍等；局部因素如乳牙外伤及根尖感染等，均可导致釉质发育不全。釉质发育不全可出现在个别牙、部分牙甚至全口牙。轻症者釉质形态基本完整，仅为色泽和透光度改变，呈白垩色或黄褐色；重症者牙冠表面缺损、不光滑，呈沟、窝状或蜂窝状改变，甚至无釉质覆盖，牙易被磨损和发生龋坏，且进展快，导致牙过早缺失。

【X线表现】 患牙比正常牙的釉质薄，X线片上显示牙冠部密度减低，牙冠磨耗变短小，与邻牙触点消失；严重者由于釉质缺损，牙冠表面不平整，密度不均匀。牙根、牙周膜间隙、硬板、髓腔等无异常改变（图 17-2-37）。

遗传性乳光牙本质

又称牙本质发育不全。本症为常染色体显性遗传，无性连锁。可在一家族中连续出现几代。乳、恒牙均可累及。男女发病率相同。其外观色泽变化有差异，有的呈灰色，有的呈紫棕色或黄棕色等，但均表现一种特殊半透明或乳光的色彩。釉质容易从牙本质表面脱落，致使牙本质暴露、磨损，牙冠变短。

【X线表现】 由于牙冠严重磨损，牙冠变短小，邻牙间隙增大。牙本质在髓腔侧的不断形成，致使髓室和根管部分或全部闭塞（图 17-2-38）。此点为本病的特点，也是与牙釉质发育不全的区别点。

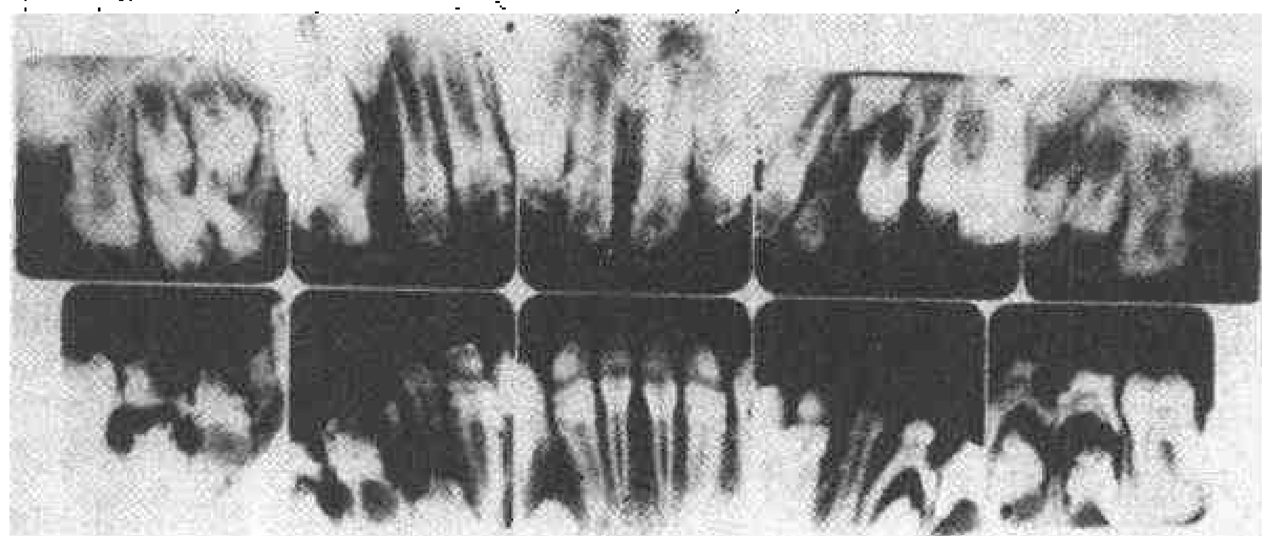
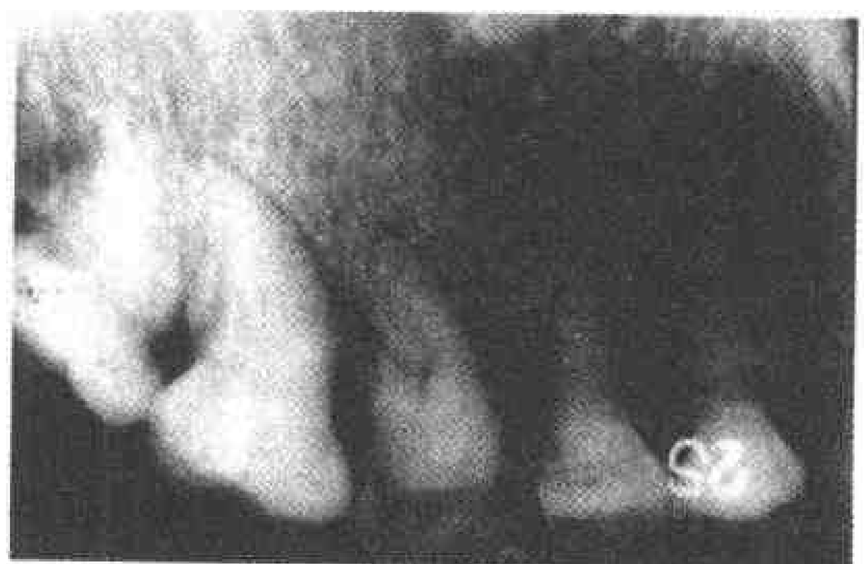
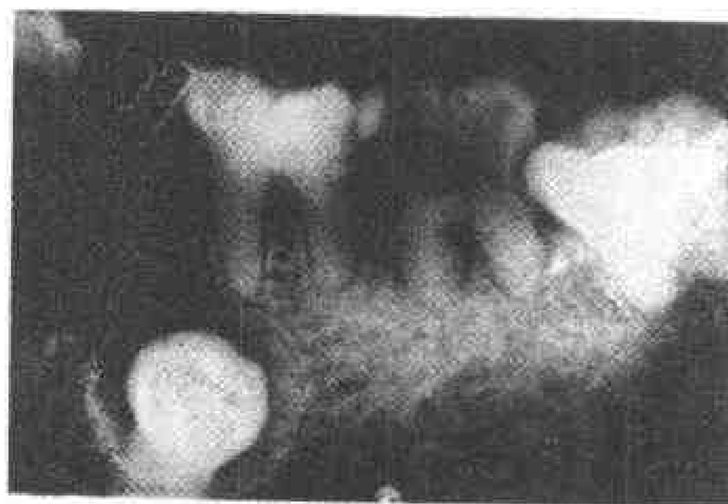


图 17-2-37　釉质发育不全
患者女性，9岁，全口恒牙和乳牙皆有釉质发育不全，牙冠小，失去正常外形，表面凹凸不平，但髓室和根管清晰。患者父亲为同样牙



(1) 7654⌋区



(2) ⌈678区

图 17-2-38　乳光牙本质
(1)(2)为同一患者。全口牙皆为乳光牙本质，为女性，20岁。其母及6个姐妹中有4人皆为同样牙。牙冠磨损严重，冠变短小，但髓室根管皆不清

（三）牙数目异常

额外牙

又称多余牙。除20个乳牙及32个恒牙外所有的牙都称为额外牙。额外牙可发生于颌骨任何部位，上前牙区多见。数目不等，可为单个，也可为多个。萌出的额外牙多数无一定的牙体解剖形态，常呈圆锥形。可造成牙列拥挤、错位，有的额外牙埋伏阻生于颌骨内。

【X线表现】 已经萌出的额外牙，临床检查就可发现。但由于额外牙常可发生变异，X线检查可以确定额外牙的形态以及下方还有无其他的额外牙。额外牙常位于上颌两中切牙之间，呈一较小的圆锥形牙，根短小（图17-2-39（1））。未萌出的额外牙，需用X线检查才能发现。X线片上可确定额外牙的数目、位置、形态以及与邻牙的关系（图17-2-39（2））。必要时可用定位投照确定额外牙位于唇颊侧或舌腭侧。

先天缺牙

先天缺牙在临床上并不少见，缺牙数目可多可少，甚至全口无牙。个别牙先天缺失，其原因还不清楚，常为对称性。第三磨牙缺失的原因可能是由于人类进化过程所致。先天性多数牙缺失或无牙畸形病因较复杂，多数患者有明显的家族史。也可能与病毒感染、激素水平改变等因素有关。先天缺牙多发生于恒牙列。个别牙缺失多见于上、下颌第三磨牙、上颌侧切牙或尖牙和上下颌第二前磨牙。一般为双侧对称缺失。先天性无牙畸形常伴外胚叶来源的组织发育不全。

【X线表现】 先天缺牙需X线检查以确定恒



(1)



(2)

图17-2-39 多余牙

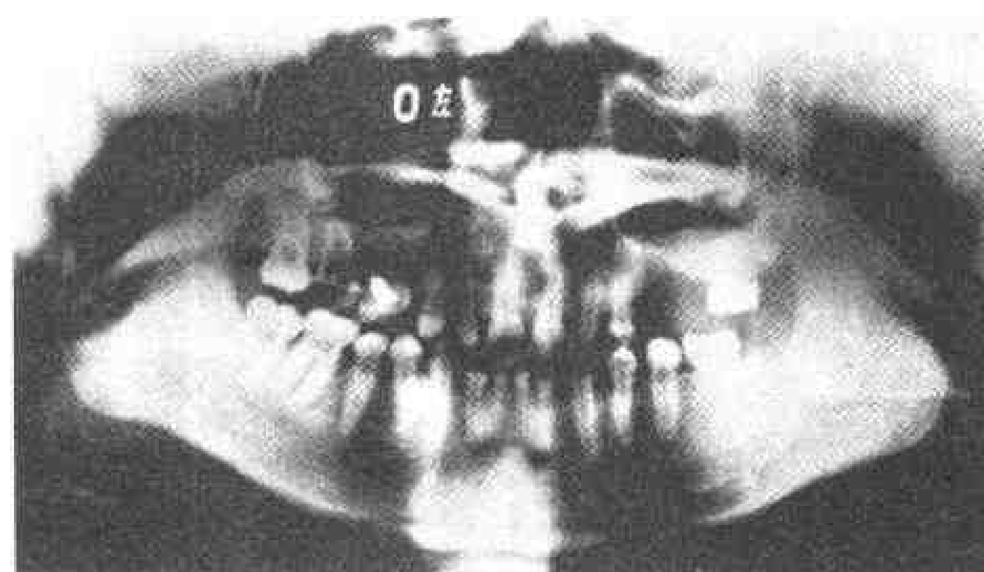
(1) 1|1向多余牙，呈水平位；(2) 1|牙冠部有一多余牙互相重叠，可能发生粘连，致1|不能正常萌出

牙胚的缺失情况。由于缺牙呈对称性，最好采用曲面体层摄影。片上有时可见有乳牙滞留，牙根可以完整或有不同程度吸收。由于牙数目减少，牙排列稀疏不齐，邻牙间隙增宽。先天性无牙畸形，乳、恒牙均可缺失或恒牙胚全部缺失。由于无咬颌功能，牙槽嵴低平，但下颌骨长度仍正常（图17-2-40（1）～（4））。

（四）阻生牙

由于位置不够，或周围存在阻力，牙不能萌出正常位置者，称为阻生牙。下颌和上颌第三磨牙阻生最为多见，常引起冠周炎，甚至造成间隙感染。上颌尖牙、切牙也可阻生。此外，额外牙也以阻生的方式出现。一般都不会出现临床症状。

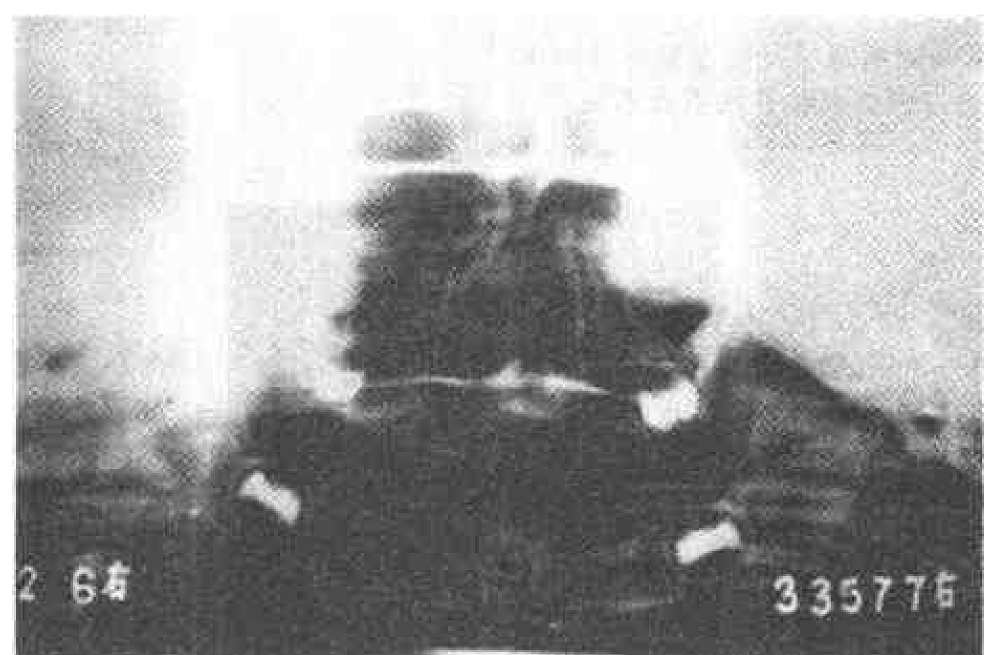
【X线表现】 X线检查对阻生牙的诊断和治疗是非常重要的。反复出现临床症状的阻生牙、尤其是下颌第三磨牙，一般都需要拔除，X线检查是必不可少的。①确定阻生牙的位置：是低位或高位阻生；部分或完全阻生；软组织内阻生或骨内阻生。②确定阻生牙的方向：如前倾、水平、垂直、侧向或颊舌向阻生；③阻生牙本身状况：如有无龋坏、龋坏程度及根尖有无炎症。④阻生牙与邻牙的关系：邻牙是否与阻生牙位置紧密，是否有龋坏或根尖周感染，牙槽骨的吸收程度，牙根尖是否吸收。⑤牙根数目及形态：牙根有无弯曲，是否增生肥大，牙根与颌骨有无粘连，牙根分叉的大小，牙根长短粗细，牙根与下牙槽神经管的距离等。⑥磨牙后间隙大小的测量，有利于正确判断凿骨增隙的多少（图17-2-41（1）～（5））。



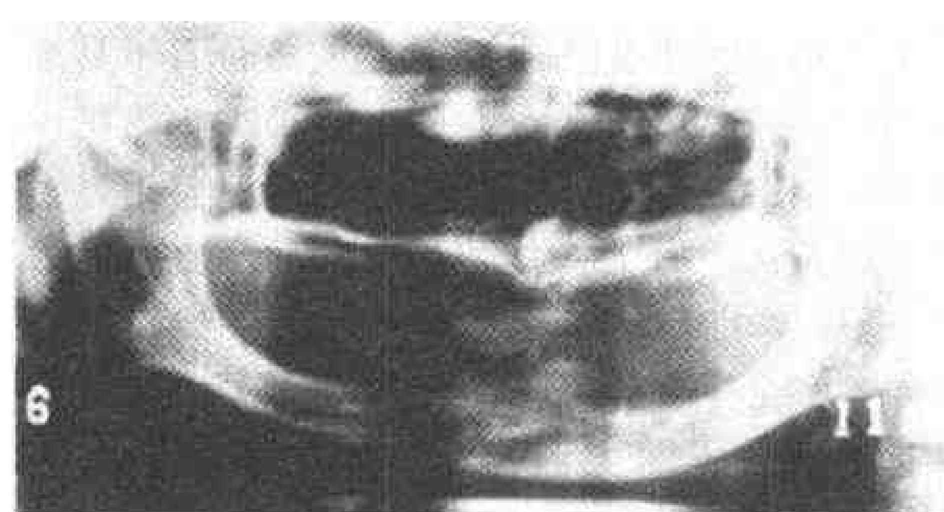
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-2-40　先天缺牙

(1)$\frac{54321|2345}{21|127}$恒牙缺失，$\frac{\text{IV}}{\text{I}\quad\text{I}}$未脱落；(2)$\frac{4321|1234}{432|234}$恒牙胚缺失，乳牙未脱落，$\overline{1|1}$畸形阻生；(3)全口多数恒牙胚缺失；仅见$\frac{6\quad 6}{61\quad 16}$牙胚，乳牙已脱落；(4)全口无牙畸形



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)

图 17-2-41 阻牛牙(迟牙阻生)

(1)8┐前倾阻生;8┐殆面龋,7┐远中颈部龋;(2)8┐水平阻生;(3)8┐颊舌向阻生;(4)8┐倒置阻生牙冠抵第7┐的根尖,牙囊间隙增宽可发展为囊肿;(5)┌8异位至┌7的根尖下呈水平阻生,压迫┌7根尖吸收并伴根周感染

下颌第三磨牙投照时,牙片的安放位置不易准确,被投照牙不可能放在牙片的中心,照片时常把球管中心线倾斜一定的方向和角度,方能完整地显示牙及牙根情况。由于X线水平角度和垂直角度的改变,造成牙相互重叠,使X线片显示的影像与临床检查不完全符合,如显示第三磨牙牙冠紧抵第二磨牙远中,阻生牙根尖与下牙槽神经管的距离与实际不相符合等。少数病人由于张口受限,无法进行口内拍片时,可采用曲面体层摄影或下颌斜侧位,不仅可减少投照时的不适,又可清楚准确地显示相邻牙之间、阻生牙与邻近解剖结构之间的关系。

其他部位的阻生牙也需经照片确定。如上颌尖牙、上颌切牙及额外牙的阻生。通过照片了解阻生牙的位置、方向、数目以及与邻牙的关系和伴随的其他病变。前牙区的阻生牙还可采用定位投照以了解阻生牙位于唇侧或腭侧,以利于治疗方案的确定(图17-2-42(1)(2))。



(1)



(2)

图 17-2-42 阻生牙

(1)1┘└1 倒向阻,牙根弯曲;(2)3┘向倾斜阻生,1┘牙根吸收,伴根尖周脓肿

五、牙 周 炎

牙周炎是常见疾病,发病率很高。据国内不同的统计资料显示,牙周炎的发生率为50%～60%以上。其发病率与年龄成正比,即随年龄增加其发病率增高,而且病变严重程度也随之增加。牙周炎常侵犯一组牙或全口牙的牙周组织,以下前牙和磨牙区发病最多。

牙周炎分类

牙周炎有多种分类方法。主要分类原则有病因学分类、病理学分类和临床表现分类。目前对牙周病分类的讨论主要集中于牙周炎。对于创伤在牙周炎发生和发展过程中的作用,仍受到重视,但一般不作为一个与牙周炎并列的独立疾病。

综合各种分类情况,现在国内意见比较一致的

分类方法是将牙周炎分为①成人牙周炎；②青少年牙周炎——局限性、弥漫性；③快速进展性牙周炎；④青春前期牙周炎；⑤伴有全身疾病的牙周炎。

X线检查方法

常用的有根尖片、曲面体层片和𬌗翼片。

根尖片　有分角线投照技术和平行长焦距投照技术两种方法。临床上由于分角线技术操作简单，应用最为广泛，一般情况下能满足临床需要。但分角线技术所拍摄的根尖片所显示的牙槽骨吸收，会有不同程度的失真，造成测量骨缺失量不够准确，尤其是不易辨别颊/舌侧牙槽骨高度，不利于作治疗前与治疗后的对比观察。平行长焦距投照虽然在显示牙槽骨吸收情况优于分角线投照，但需特殊的装置，操作时较复杂，目前多用于科研照片。

曲面体层片　对于牙周疾病的检查，曲面体层摄影片有一定的优势，它能在一张X线片上观察整个上、下颌牙体及牙周组织的情况，了解牙槽骨吸收的类型和程度，且能对比观察，对于疾病的类型有辅助诊断意义。投照时方便快捷，病人无明显不适。投照一张曲面体层X线片患者所接受的照射量远远小于全口牙片的照射量。曲面体层摄影由于是体层片，其细微结构显示较根尖片差，尤其是由于病人头型、面型等因素，投照时颈椎及枕骨重叠，造成前牙区影像不清、放大或缩小；另外，有时体层域与牙槽骨厚度不完全吻合，显示牙槽骨吸收情况与临床不符。因此曲面体层摄影不能完全取代根尖片。

𬌗翼片　能真实反映牙槽骨吸收程度和类型，适用于牙周炎的早期，不能显示整个牙根及根尖周骨质情况。

根尖片数字减影技术　70年代兴起的一种检测方法。它是将所获得的X线信息输入到计算机，经数字化、各种减影处理及再成像等过程，去除无关的其他影像，显示所需要的图像。这种技术已很快应用到牙周病的研究领域。由于设备昂贵，故尚未普遍应用。

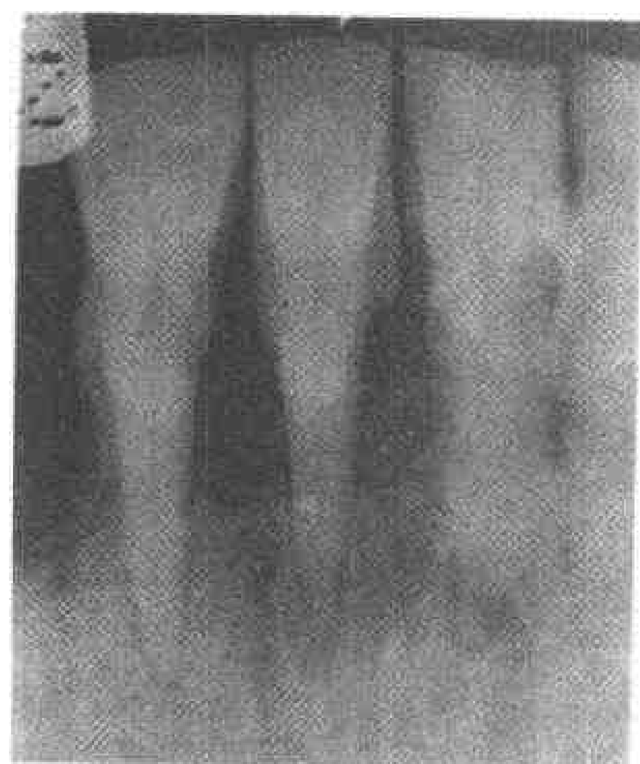
X线表现

牙周炎主要表现为牙槽骨吸收，牙槽骨骨纹变细、稀疏紊乱，硬板模糊、消失或增厚，牙周膜间隙增宽或缩窄，甚至消失，牙根可有吸收或牙骨质增生等改变。牙周炎所引起的牙槽骨吸收常表现为三种类型：

(1) 牙槽骨水平型吸收：表现为多数牙或全口牙的牙槽骨从嵴顶呈水平方向向根尖方向高度减低，吸收程度比较均匀一致。早期表现为牙槽嵴顶骨硬板变模糊消失，继而前牙区牙槽嵴顶由尖变平，后牙区牙槽嵴顶由梯形变成凹陷，其边缘模糊粗糙呈虫蚀样。随着疾病的进一步发展，牙槽骨逐渐向根尖方向吸收。其吸收程度与牙周炎的严重程度相关(图17-2-43(1)～(3))。



(1)



(2)

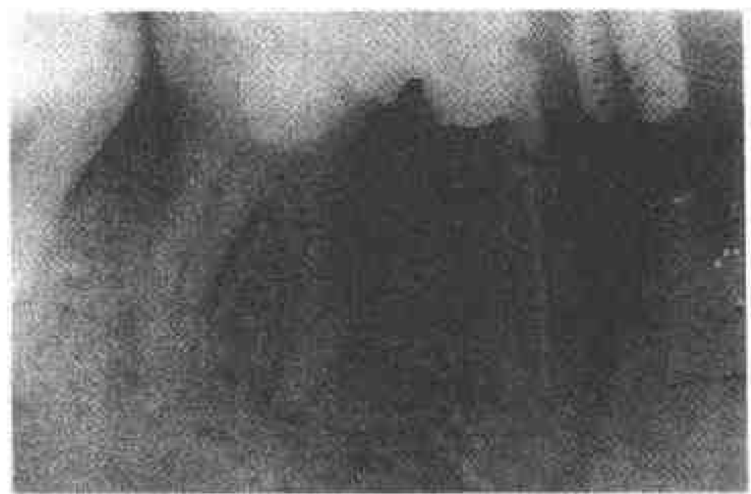


(3)

图17-2-43　牙槽骨水平吸收

(1) 21|12牙槽骨水吸收达2/3；(2) 21|12牙槽骨水平吸收达2/3，硬板尚清楚，牙周间隙增宽牙间牙槽嵴顶略呈杯状，并有大量牙石，可见营养管；(3) |678牙槽骨水平吸收

(2) 牙槽骨垂直型吸收：表现为局部牙槽骨或个别牙的一侧的牙槽骨，沿牙体长轴方向向根端吸收。病变早期造成牙槽骨壁吸收，骨硬板消失，牙周膜间隙增宽。随病变程度的进一步加重，牙槽骨吸收明显，呈楔形、角形，严重者可包括整个牙根，呈弧形吸收，可见牙根大部或全部位于软组织内。此型多见于第一磨牙和前牙，往往是由于咬殆创伤所致（图 17-2-44 (1) (2)）。



(1)



(2)

图 17-2-44　牙槽垂直吸收

(1) 6┐近中牙槽骨呈角形吸收近根尖、根面嵴；(2) 2┘远中牙槽骨呈弧形吸收达根尖下，并累及近中面牙槽骨

(3) 牙槽骨混合型吸收：表现为牙槽骨在水平型吸收的基础上，又同时伴有个别牙或多数牙槽骨的垂直吸收。由于水平吸收造成牙松动，正常或过大的咬殆力量使牙向侧方移动，造成牙槽骨侧方创伤形成垂直吸收，多见于牙周病晚期(图 17-2-45)。

牙槽骨吸收的程度按其吸收量多少分成轻度、中度和重度，常以牙槽骨的高度和牙根长度的比例来表示，如吸收至根长的 1/3、1/2、2/3 等。测定牙槽嵴高度，正常一般是以该牙邻面的釉牙骨质界为参考标准。X 线片上以牙颈缩窄处稍下 1mm 为标记。

(一) 成人牙周炎

成人牙周炎分为单纯性和复合性两种，临床上较常见。由长期存在的慢性龈炎向深部牙周组织扩展而引起。牙周炎主要是由局部因素引起，如牙石、菌斑、食物嵌塞、不良修复体等。目前尚未发现全身因素会直接导致单纯性牙周炎的发生。

牙周炎早期即出现牙周袋和牙槽骨吸收。但因程度较轻，仅有牙龈红肿和刷牙、进食时出血。当深的牙周袋形成，牙齿松动，甚至牙周脓肿形成，口内可见较多的龈上牙结石。牙周炎患者除有牙周袋形成、牙龈炎症、牙槽骨吸收和牙松动这四大症状外，晚期常可出现其他伴发症状，如牙移位、食物嵌塞、逆行性牙髓炎、继发性颌创伤等。

【X 线表现】 单纯性成人牙周炎主要表现为水平型牙槽骨吸收。吸收程度随牙周炎的轻重度而异，一般牙槽骨吸收达牙根的 1/3～1/2，牙槽嵴顶的密质骨消失，前牙牙槽嵴变平，后牙呈凹陷状，且牙槽嵴边缘不光滑，上部骨纹稀疏紊乱。硬板和牙周膜间隙改变不明显。当成人牙周炎的晚期并伴有殆创伤时，不仅牙槽骨吸收程度加重同时有部分牙的牙槽骨出现垂直吸收，硬板和牙周膜间隙

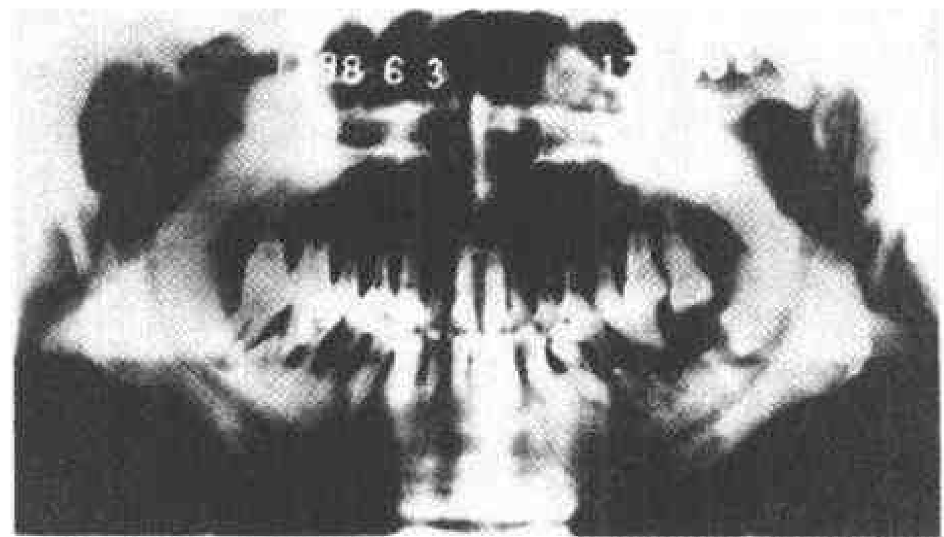


图 17-2-45　牙槽骨混合吸收（牙周炎）

景片示全口牙槽骨有水平吸收，$\frac{6|6}{654|56}$区有垂直吸收，┌7缺失，┌8阻生

消失或增宽，可见龈下牙结石。

（二）青少年牙周炎

青少年牙周炎过去曾被称为牙周变性。虽然对病因尚未完全明了，但目前能肯定的主要因素是微生物和机体防御能力的缺陷。

青少年牙周炎的组织学变化与成人牙周炎无明显区别，均以慢性炎症为主。牙龈结缔组织内仍以浆细胞浸润为主，但产生 IgA 的细胞少于成人型，游走到袋上皮内的中性粒细胞数目也较少。这两种现象可能是细菌易于人侵的原因之一。

本病主要发生于青春期至 25 岁的年轻人。女性多见。可在 11～13 岁开始发病，又称为儿童性或早发性牙周炎，这类患者较少见。发生于青春期和青春后期的较多见。局限型主要是病变波及切牙和第一磨牙；弥散型则累及全口牙周组织。青少年牙周炎临床上早期即出现牙松动、移位、伸长，邻牙间形成间隙，切牙呈扇形排列，食物嵌塞明显，可造成咬合错乱。检查可发现有深而宽的牙周袋形成，且多为骨下袋。易于继发感染，牙周溢脓，伴有龈炎，牙石和食物残屑堆积较多，促使炎症加重，使牙周组织的破坏加速。当牙根暴露时可出现过敏症状。有的患者伴有全身症状，如易感疲劳，神经衰弱，胃肠道功能障碍，月经紊乱等。

【X线表现】 青少年牙周炎X线表现为全口或多数牙的牙槽骨骨硬板模糊不清或消失及牙槽骨的吸收。分为局限型和弥散型。

局限型主要表现为切牙区和磨牙区的牙周组织破坏，常累及 12～14 个牙，未受累的区域，牙槽骨的改变不明显。牙槽骨吸收呈显著对称性改变，牙槽骨吸收方式表现为混合型，但垂直吸收显著，前牙区多呈楔形、角形、斜形吸收，磨牙区以弧形和漏斗形多见。吸收程度较重的可从磨牙近中至远中的根尖或根尖下，显示为牙浮在软组织中，最多发生于上、下颌第一磨牙，这可能与第一磨牙承受的咬合力量最大、最集中有关；而切牙区牙槽骨较为薄弱，其吸收程度也比较严重。

弥散型主要表现为全口牙槽骨广泛吸收，骨小梁紊乱模糊、骨髓腔增大，牙周膜间隙增宽，骨硬板消失。青少年牙周炎还可见到牙移位、排列不齐或错乱，邻牙间隙增大，个别牙伸长。正常𬌗力或过大的𬌗力都可导致𬌗创伤，加重牙周组织的破坏。

（三）快速进展性牙周炎

快速进展性牙周炎是指在连续一段时间内观察到病情进展迅速，破坏严重，疗效欠佳的一种牙周炎。

本病发病年龄在青春期至 35 岁之间，病变为弥散型，累及大多数牙，某些病例以前有过青少年牙周炎病史。牙槽骨骨质的破坏严重且快速，然后破坏过程自然停止或显著减慢，多数患者具有嗜中性粒细胞及单核细胞的功能缺陷。可伴有全身症状。X线检查可作为对照观察，了解骨质破坏情况。如能在连续一段时间内观察，可见牙槽骨吸收进展迅速，而第一磨牙和切牙区的牙槽骨吸收并不比其他处牙槽骨吸收严重。

（四）青春前期牙周炎

青春前期牙周炎较罕见。初起于乳牙萌出期，病因不明。临床上可分为弥散型和局限型两种。一般认为，儿童不发生牙周炎，但近年来的研究发现，儿童亦可以发生。

弥散型在临床上表现为牙龈重度炎症，牙槽骨破坏速度很快，牙松动甚至自动脱落，患者常伴中耳炎、皮肤及上呼吸道反复感染的情况，所有乳牙均被波及，外周血的中性粒细胞和单核细胞功能低下，X线检查可发现牙槽骨呈不同程度的水平吸收。局限型只侵犯少数乳牙，部位不定，不伴有全身症状，骨破坏的速度比弥散型缓慢。

（五）伴有全身疾病的牙周炎

由于全身性疾病伴有或导致严重而迅速的牙周组织破坏，可归为此类。但严格地说，这组疾病不属于一般所指的牙周炎范畴。

1. 掌跖角化-牙周破坏综合征　其特点是手掌和足跖部的皮肤过度角化，牙周组织严重破坏。病变常在 4 岁前出现。皮肤损害包括手掌、足底、膝部及肘部。约有 25% 的患者有身体其他部位感染，智力发育正常。牙周袋壁有明显的慢性炎症，主要为浆细胞浸润，破骨活动明显，患牙根部牙本质非常薄。X线检查见牙根细而尖，表明牙骨质发育不佳，牙槽骨吸收破坏明显。

2. 糖尿病型牙周炎　糖尿病与牙周炎的关系是一个研究的课题。目前普遍认为糖尿病本身并不引起牙周炎，只是由于本病降低了机体对牙周局部刺激因子的抵抗力，使牙槽骨加速吸收，组织愈合缓慢，并反复出现牙周脓肿。患者在 12 岁以后即

可发生牙周炎，19岁后发生率明显增高，其X线表现与青少年牙周炎类似，以切牙区和磨牙区较重，随年龄增大，病变可扩展到其他部位。

六、牙 体 损 伤

牙体损伤包括暴力突然作用于牙齿上所致的急性牙外伤和较弱的外力缓慢而较长时间地作用与牙齿上所致的慢性损伤。

（一）牙外伤

牙外伤是临床上常见的疾病，多发生于前牙。常伴发于口腔颌面部的损伤，也可单独发生。牙外伤包括牙脱位和牙折。

牙脱位

是指由于外力使牙向䝒方或根方自牙槽窝内脱出或嵌人。牙受外力后，牙可能向前或向后移位，也可完全脱离正常位置，或移位嵌入牙槽骨内，致牙不在同一个平面上。妨碍正常咬䝒，影响咀嚼和美观。

【X线表现】 轻度䝒向脱位者，显示牙周膜间隙增宽，切缘超出正常邻牙切缘（图17-2-46）。重者牙从牙槽窝内脱出，造成牙缺失。嵌入性牙脱位，牙周膜间隙消失，切缘低于正常邻牙的切缘，有时伴牙槽骨骨折。



图17-2-46 $\underline{|1}$ 牙脱位 根管钙化

牙折

由直接外力所致，前牙多见，外力的大小、方向决定牙折的部位和程度。按解剖部位可分为冠折、根折和冠根联合折。按折线方向可分为水平、垂直和斜行折断。冠折见牙冠硬组织有不同程度缺损，缺损较少可无症状，缺损较多但未露髓，可有轻微敏感症状；缺损多并已露髓，则可出现牙髓刺激或牙髓炎症状。根折发生越接近于牙颈部，牙松动越明显。外力大时，后牙也可发生牙折。

【X线表现】 冠折在临床检查时容易发现，常造成牙硬组织的缺损，如冠折位置较低，可致牙髓暴露（图17-2-47）。如后牙牙冠折断为颊舌向，X线片可清楚显示折线；如为近远中向时，X线很难显示。根折的判定必须通过X线片检查，了解有无根折、折断的部位、方向、数目及周围情况。根折多见于距根尖的1/2或1/3处。牙折线在X线片上表现为不整齐的细线条状密度减低的影像，断端之间可微有错位。根折后较长时间才在X线检查则见断端有吸收而变光滑，线状裂缝宽而整齐。



（1）



（2）

图17-2-47 牙折

（1）$\underline{|1}$ 根折 冠折已缺损部分，1| 断根位于 $\underline{2|}$ 根部；（2）$\overline{6|}$ 近远中根管有折断线

（二）楔状缺损

楔状缺损是临床上常见的疾病。多由于机械力量和酸的作用造成。主要发生于牙冠的唇或颊侧的牙颈部。轻者常有过敏症状，重者可穿髓引起牙髓

炎和根尖周炎。

【X线表现】 楔状缺损一般不需要作X线检查，在片上可表现为多数牙牙颈部一横向贯通近远中面的规则或不规则的低密度影像，边缘较整齐。如临床检查已经穿髓或怀疑穿髓，则需拍片检查根尖周的情况。

（三）磨损

牙磨损使牙硬组织由于机械性的原因而缓慢的磨耗，如夜磨牙症、咬殆不良等。轻者仅有牙釉质磨损，可无临床症状，当磨损达牙本质，可出现过敏症状，重者可穿通牙髓。

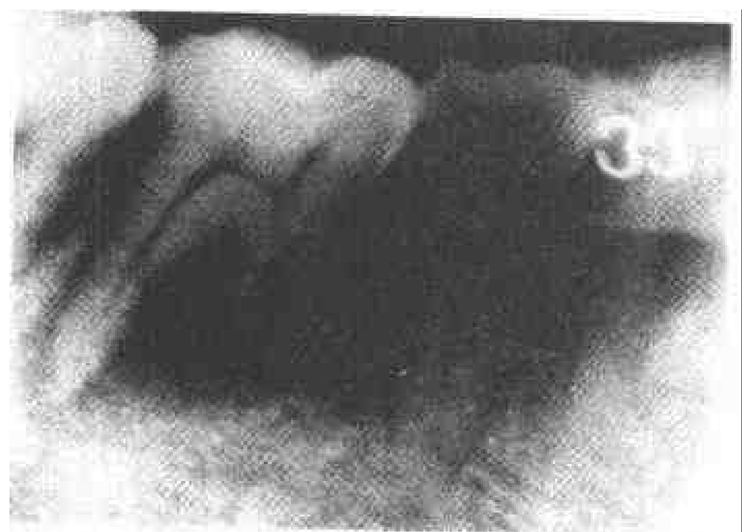
【X线表现】 牙冠变短，牙尖变低平甚至消失，失去正常的形态，常有继发性牙本质生成，牙髓腔变小，可伴有牙槽骨垂直吸收。

七、牙根折裂

牙根折裂是指无外伤史又无牙的病理变化，多发生于后牙牙根的折断特别多见于第一磨牙的牙根。其病因可能与下列因素有关：① 殆力过大和殆创伤。磨牙在行使功能时承受了最大的力量，容易形成牙硬组织的磨耗，少数病人有咬硬物史；②牙周炎。在牙根折裂的病人大多数都有牙周袋形成和牙槽骨吸收，导致受力支点改变，加重殆创伤；③牙根发育缺陷。大多数病人可出现冷热痛、自发性痛、咬殆痛，牙有松动和叩痛。牙无龋，牙殆面可有磨耗。



(1)



(2)

图 17-2-48　牙根折裂

(1) $\overline{6|}$近中根折裂　折断的根片轻度移位、牙槽骨弧形吸收近根尖；(2) $\overline{6|}$近中根折裂。折断的根片移位明显，且根有吸收，牙槽骨弧形吸收达根尖下

【X线表现】 牙根折裂可表现为纵形、横形和斜形，以纵形多见（图 17-2-48）。早期仅见根管影像局部或全部变宽。晚期沿牙根中轴从牙颈部折断并常发生移位，牙根折裂面不光滑，根尖可有吸收。牙根折裂常伴有弧形、楔形的牙槽骨吸收，甚至整个牙根游离于软组织中 。

（王　虎）

第六节　颌面部发育畸形

一、髁突发育畸形

髁突畸形常见有髁突良性增生肥大，与髁突发育过小及少见的双髁突畸形，发生的原因皆不甚明确，可能与内分泌、营养、外伤、感染等因素有关。

（一）髁突良性增生肥大

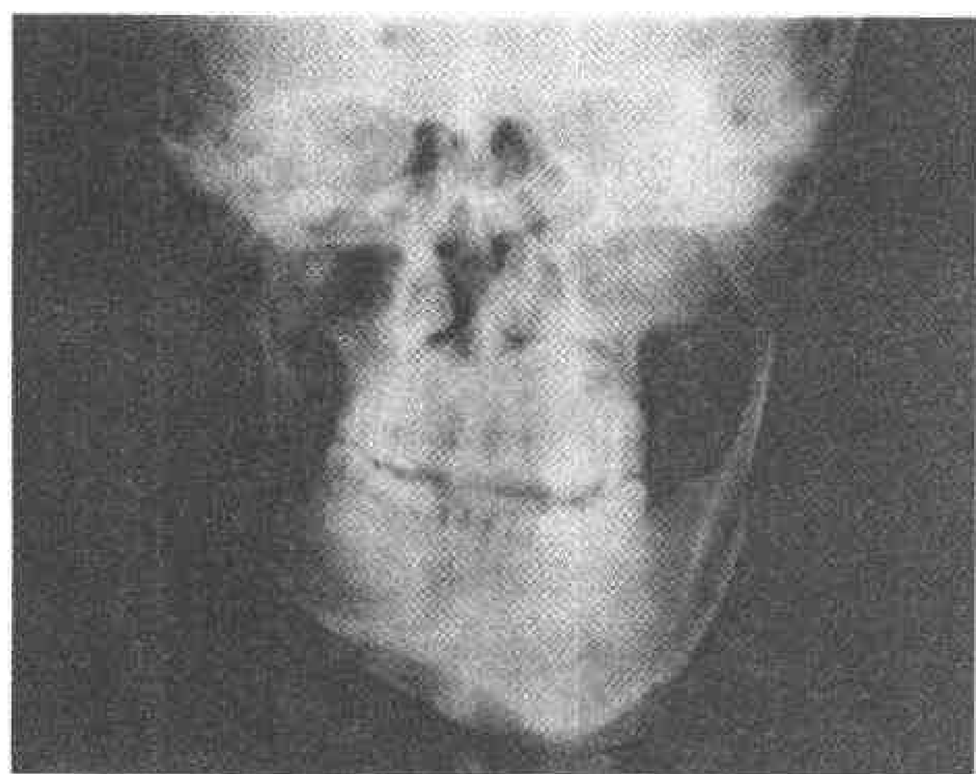
髁突良性增生肥大多为单侧发生，常表现为面部不对称，患侧下颌部增长，显得宽而扁平向患侧歪斜，颏部偏向健侧，患侧磨牙和前牙呈开殆，健侧前牙呈反殆，往往必须经X线检查确诊。

【X线检查】 常用曲面体层摄影和下颌骨开口后前位，可作左、右侧对比。

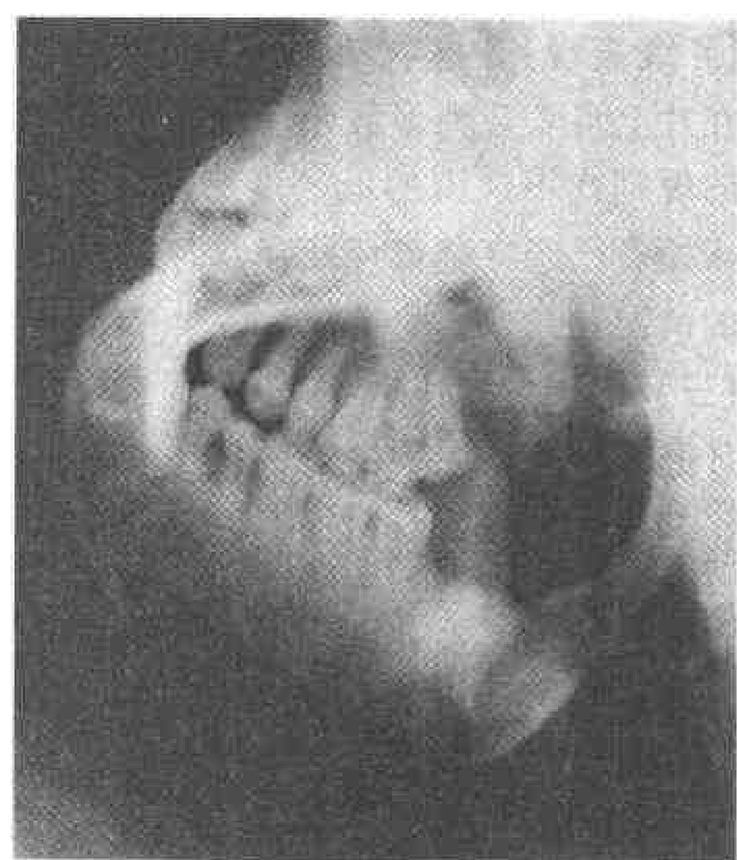
【X线表现】 髁突全面增大增粗，不失去原来的轮廓，髁突颈增粗加长。有的是以前者表现为主，有的是以后者更明显，但以两者同时存在多见，并有乙状切迹加深，严重者患侧下颌骨升支增长，下颌角下移，除形状增粗增大外，骨皮质及骨松质皆无实质性异常（图 17-2-49（1）（2））。

（二）髁突发育过小

髁突发育过小可单侧发生也有双侧发生。如单侧髁突发育过小，面部轻度不对称，患侧面部略显丰满，颏部偏向患侧，轻者无明显咬合错乱，可因其他原因X线照片偶然发现。如双侧髁突发育



(1)



(2)

图 17-2-49 髁突良性增生肥大
(1) 下颌后前位 右髁突良性增生过长，髁颈明显增长整个右下颌支增长，下颌角向下移位，喙突短小；(2) 下颌斜侧位与 (1) 图为同一患者

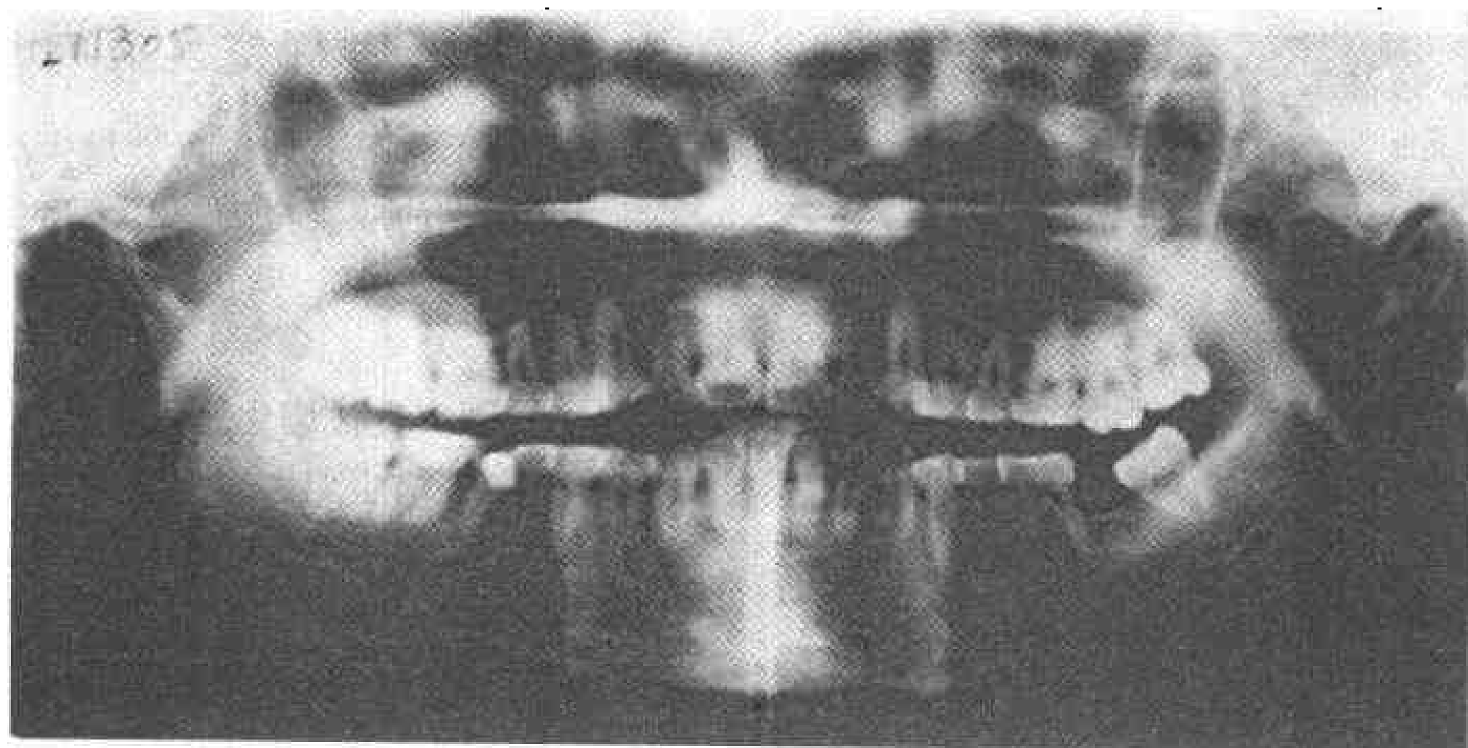


图 17-2-50 髁突发育过小
曲面体层片右髁突发育不良，与左侧对比明显窄而小

过小，则颏部后缩，面下部 1/3 垂直距离缩短。必须经 X 线检查方能确诊。

【X 线检查】 以曲面体层摄影最好，可对比两侧髁突的大小及长度。必要时配合下颌开口后前位或颞下颌关节斜侧位。

【X 线表现】 患侧髁突明显变短小，如系两侧发生，两侧髁突皆小于正常值。乙状切迹变浅，无骨实质性异常改变（图 17-2-50）。

（三）髁突双突畸形

髁突双突畸形很少见，作者单位仅见过几例，北京医科大学口腔医学院也只见过数例。1941 年 Hrdlicka 报告过 21 个下颌骨有 2 个分开的关节面为髁突畸形。

【X 线检查】 以颞下颌关节侧位体层片和曲面体层摄影。

【X 线表现】 髁突特别增大畸形，于髁突头顶部中央形成深凹陷切迹，似马鞍状，形如有前后两个髁突，常是前一个突起较小，后一个突起较大，有的可见分开的两个关节凹（图 17-2-51）。

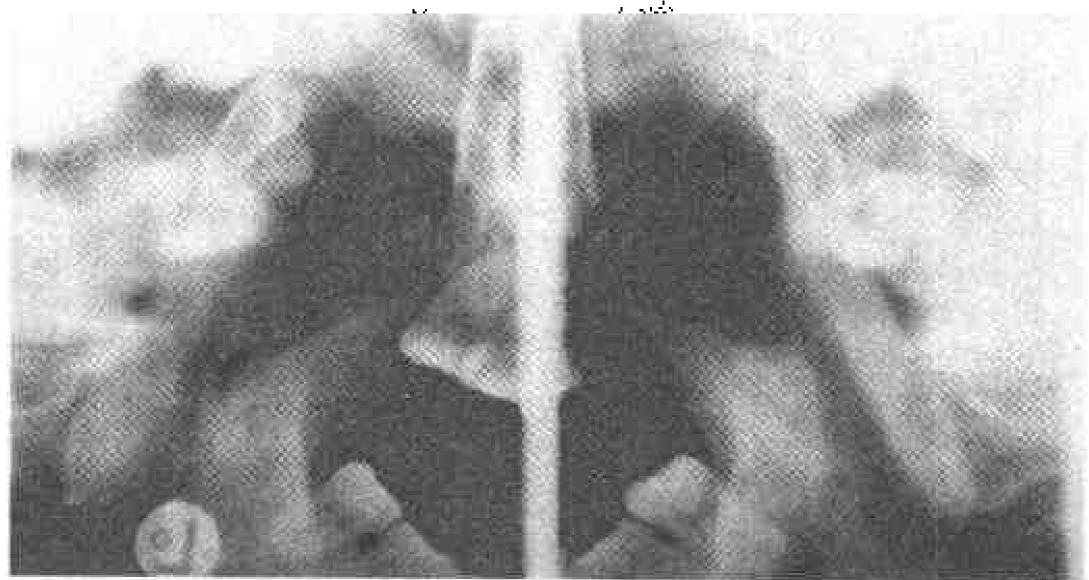


图 17-2-51　髁突双突畸形
曲面体层关节片，左侧髁突有二个髁突头，前面髁突头较后面的稍短小。右侧于髁突前缘亦有一稍突起的骨突

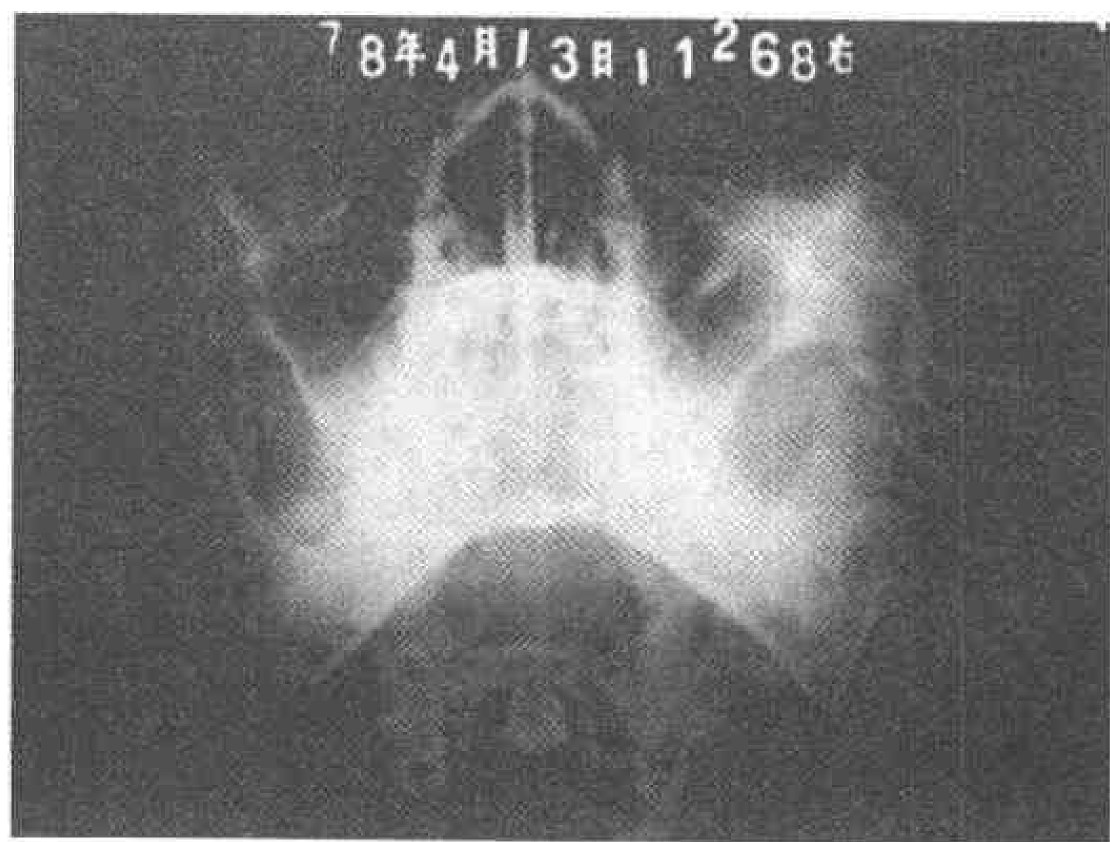


图 17-2-52　喙突增生肥大
顶颏位　右喙突增粗增长

二、喙突发育畸形

喙突畸形可有喙突肥大和喙突缺失，但以前者稍多见，后者较少见。病因皆不甚明确。严重喙突肥大可致张口受限。

【X线检查】 下颌斜侧位曲面体层摄影和顶颏位。

【X线表现】 喙突肥大者，喙突基底部增宽，整个喙突增长，喙突尖上可达颧弓内侧和翼板下部，故可有下颌运动受限（图 17-2-52）。

喙突过小或缺失，多为喙突发育不良短小甚至缺失（图 17-2-53（1）（2））。

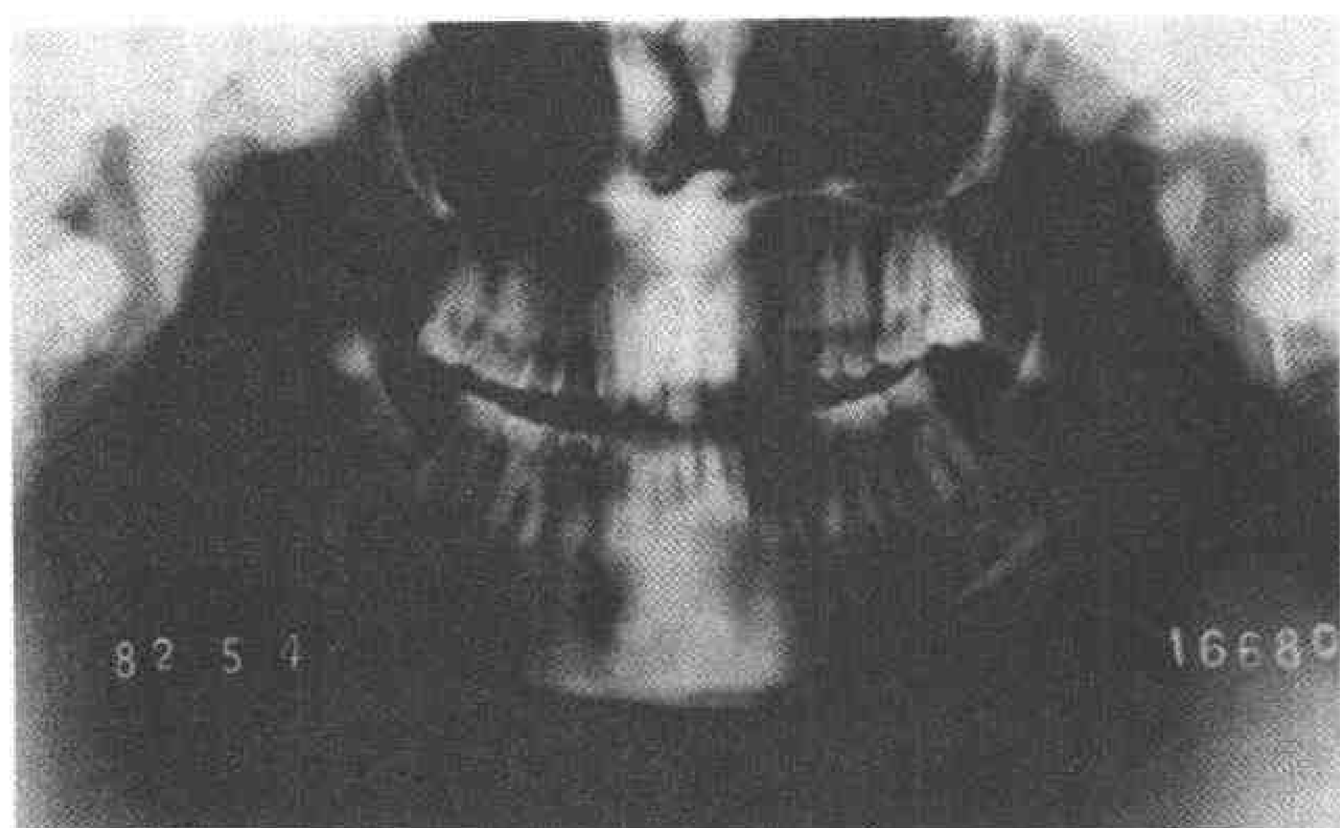
三、巨颌畸形、小颌畸形

巨颌畸形（macrognathia）多发生于下颌骨，形成真性下颌前突畸形，是由于颌骨发育异常所致。

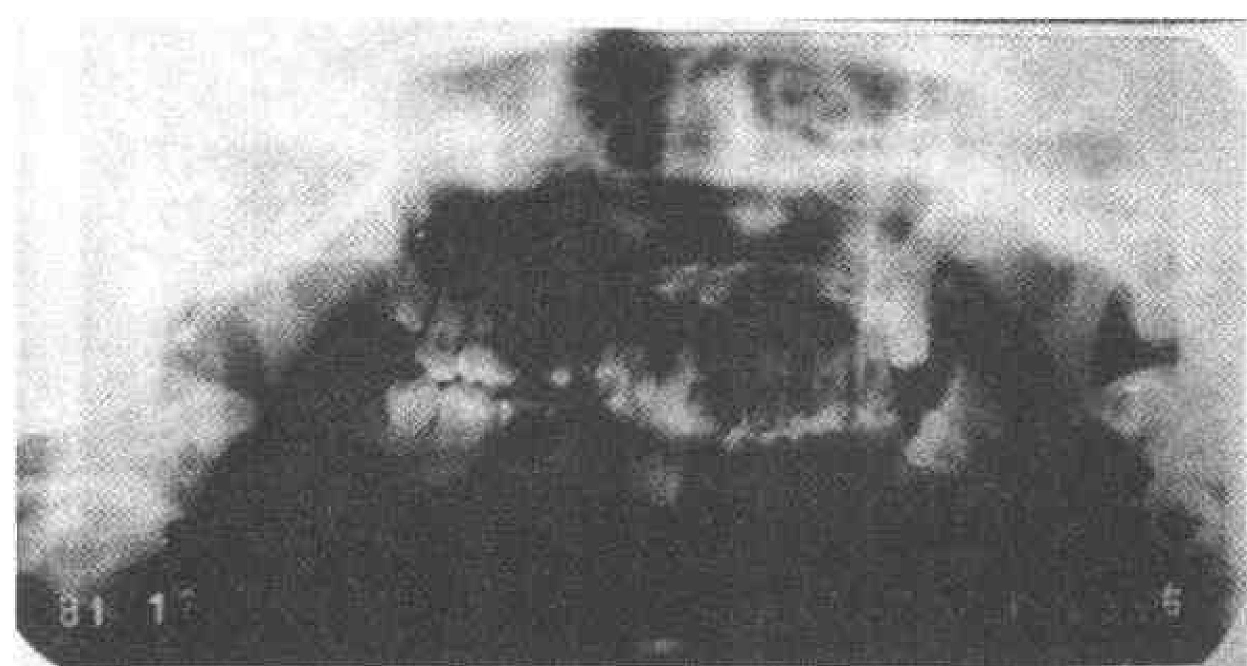
小颌畸形（micrognathia）是指颌骨发育不良，上下颌骨皆可发生。可由于先天的原因，也可因外伤或炎症等原因所致，如幼年期发生颞下颌关节强直，可致下颌骨发育不良形成小颌畸形。上颌骨发育不良过小，常见于反殆和唇腭裂患者，也可见于颅底凹陷综合征的患者。

【X线检查】 X线头影测量片检查最好，配合上颌枕颏位，下颌斜侧位和曲面体层摄影。

【X线表现】 真性下颌前突者，上颌骨发育正常，而是整个下颌支及体皆增大，并形成严重的反殆，经测量更不难诊断；上颌骨发育不良从枕颏位上可见双侧上颌骨体积小，上颌窦腔体气化不良，



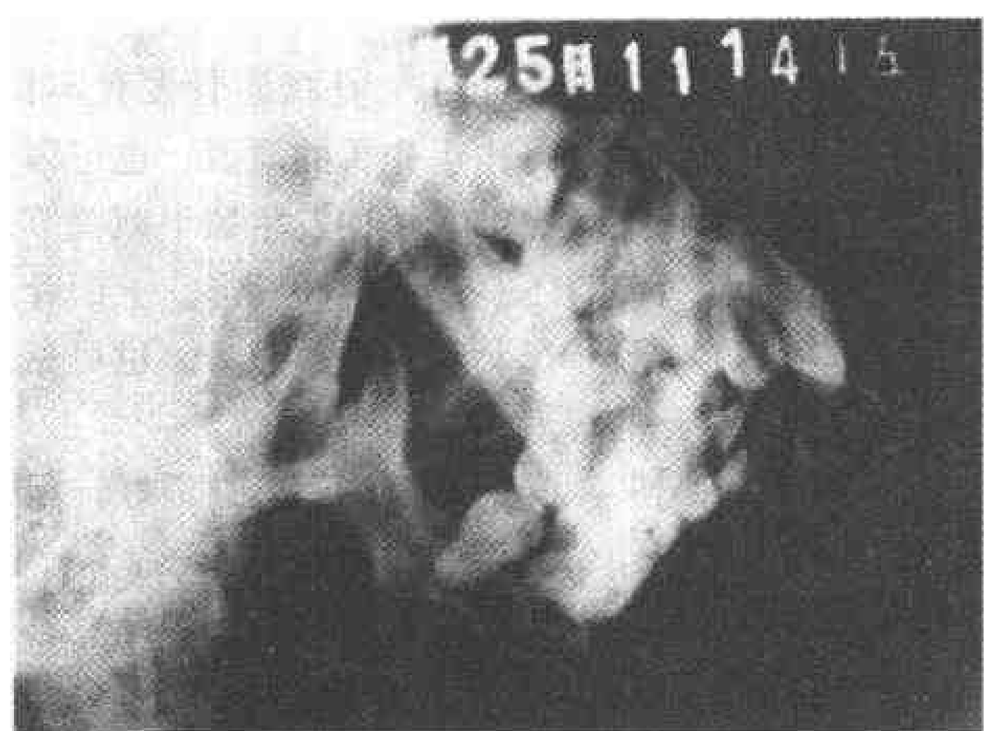
(1)



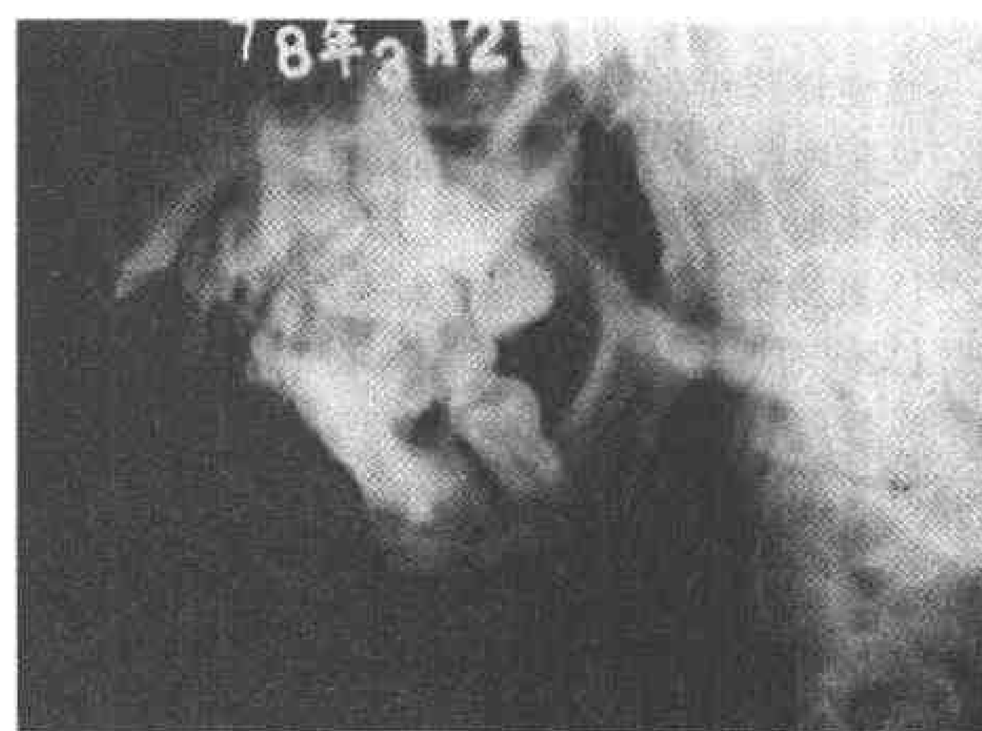
(2)

图 17-2-53 喙突发育不良

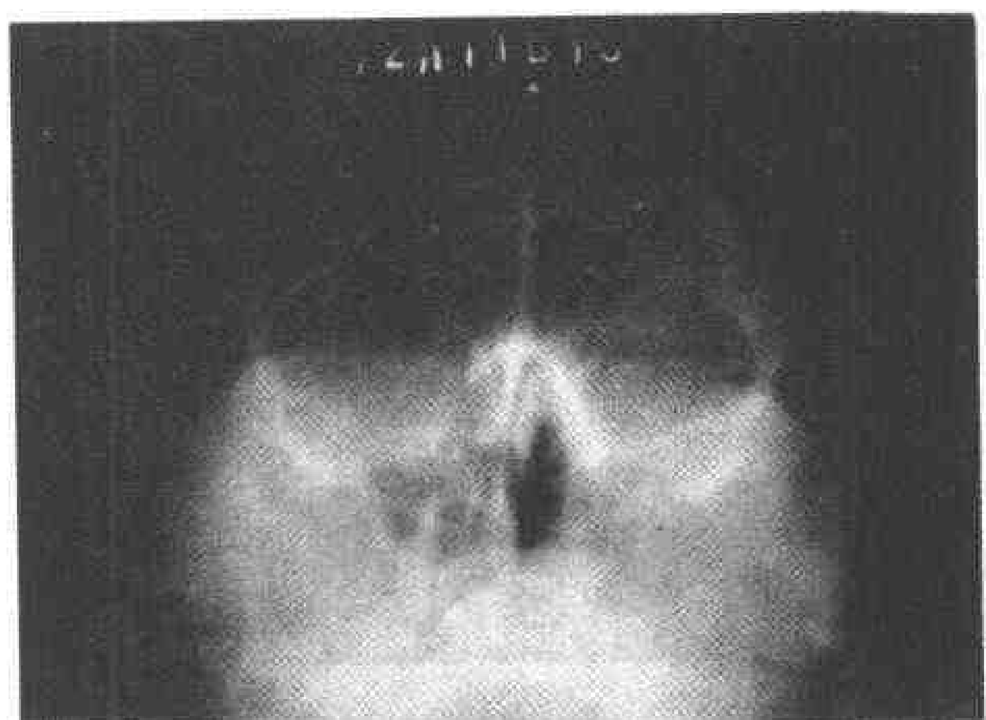
(1) 曲面体层片 右下颌支发育不良，喙突明显短小似缺失；
(2) 曲面体层片 左下颌支发育不良，喙突细小



(1)



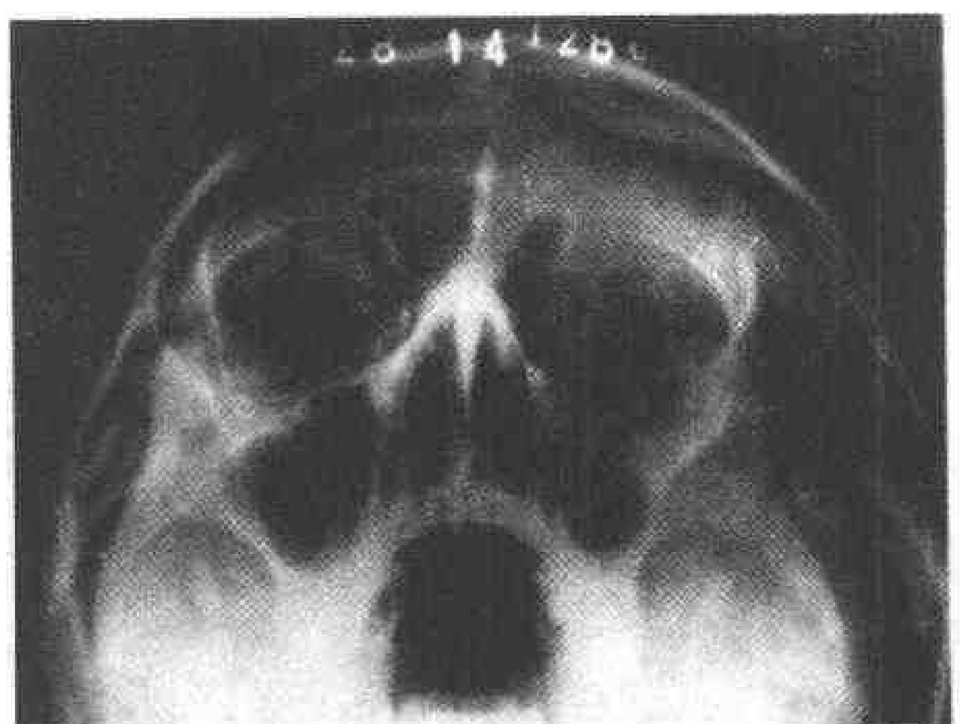
(2)



(3)



(4)



(5)

图 17-2-54 小颌畸形

(1) 左下颌斜侧位 左下颌骨严重发育不良既短而小；(2) 右下颌斜侧位与（1）为同一患者，男性，19岁，张口困难18年多，出生半岁后即发生口张不大，逐渐加重至不能张口，双侧髁突有骨性粘连；(3) 华特位 双侧上颌骨发育不良，右侧为重；(4) 头颅侧位 因上颌骨发育不良而形成开殆；(5) 华特位 右侧上颌骨轻度发育不良，右上颌窦腔较左侧小

从头侧位片上也可见到硬腭水平板前后径明显变短，伴有牙列拥挤或先天缺牙（图 17-2-54（1）～(5))。

下颌发育过小，颏部后缩，常有上前牙超突经头影测量下颌骨体及支皆小于正常值。

四、颜面及颌骨发育不对称

颜面及颌骨发育不对称分为轻型和重型两类，轻型多见，重型包括半侧面部软组织及颌骨皆有发育不良，形成偏面萎缩，以下颌多见。

【X线检查】 以曲面体层摄影和下颌后前位片。

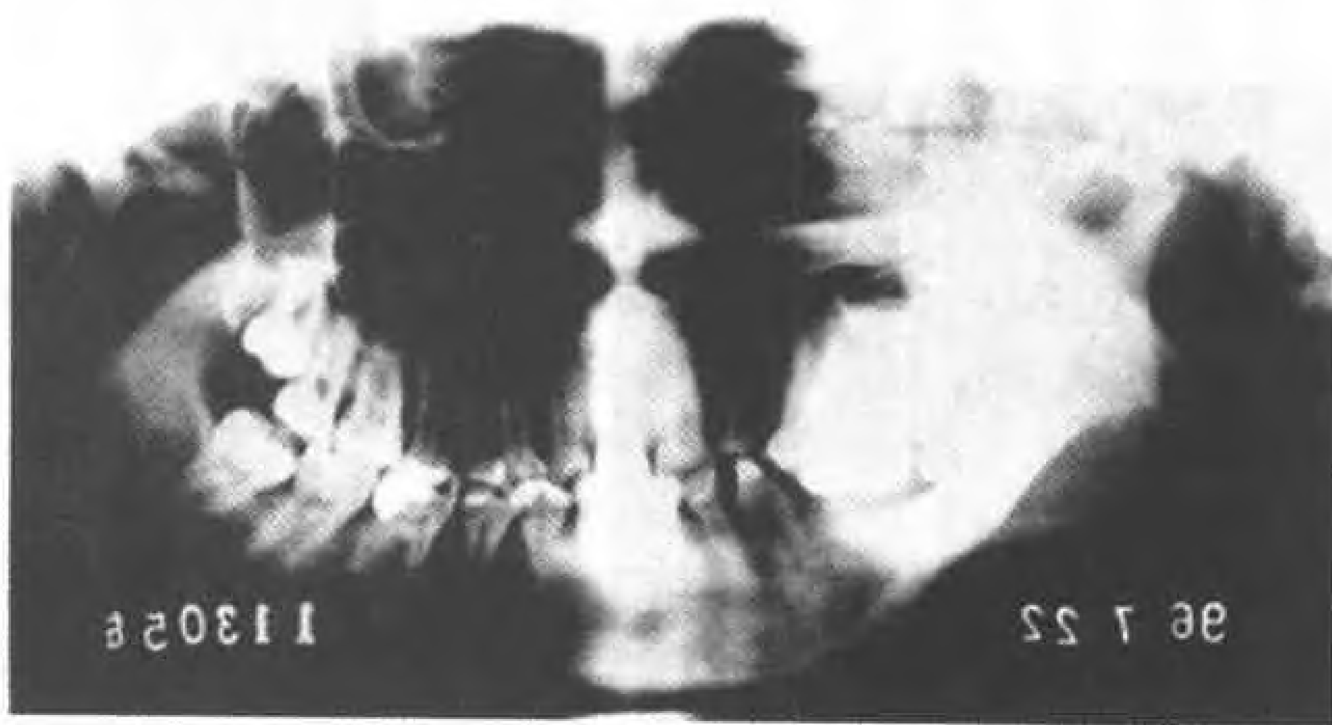
【X线表现】 左右侧颌骨形态大小不对称，无骨实质性改变(图 17-2-55(1)～(4))。

五、下颌角良性肥大

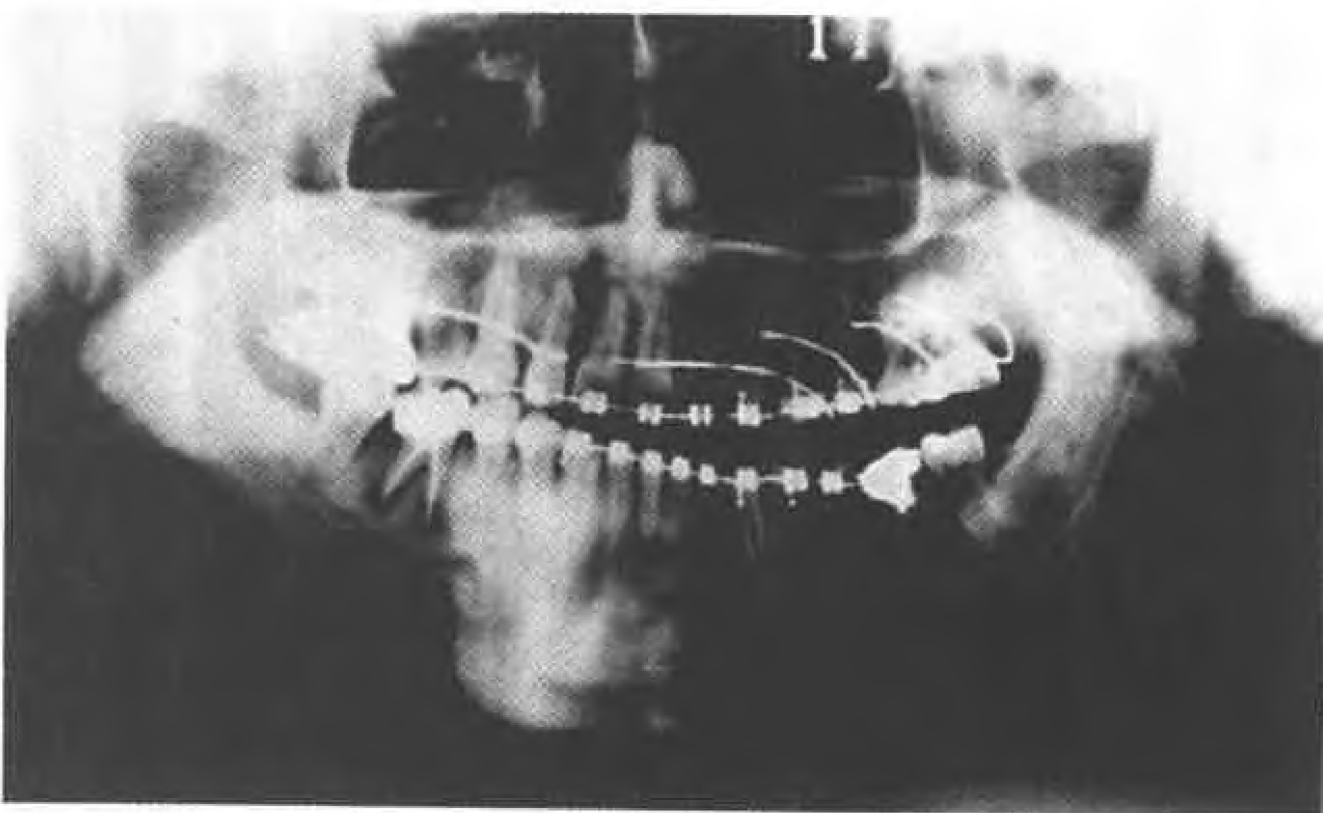
下颌角良性肥大病因不清楚，有认为是先天性或家族性，但多认为是过度咀嚼功能致咬肌肥大的结果。常表现为一侧或双侧下颌角肥厚钝圆。

【X线检查】 曲面体层摄影下颌后前位及下颌升支侧位。

【X线表现】 下颌升支的下部增宽，下颌角变粗大钝圆并向下后凸起，如为双侧则可见两侧下颌骨体及下颌角呈方形（图 17-2-56)。



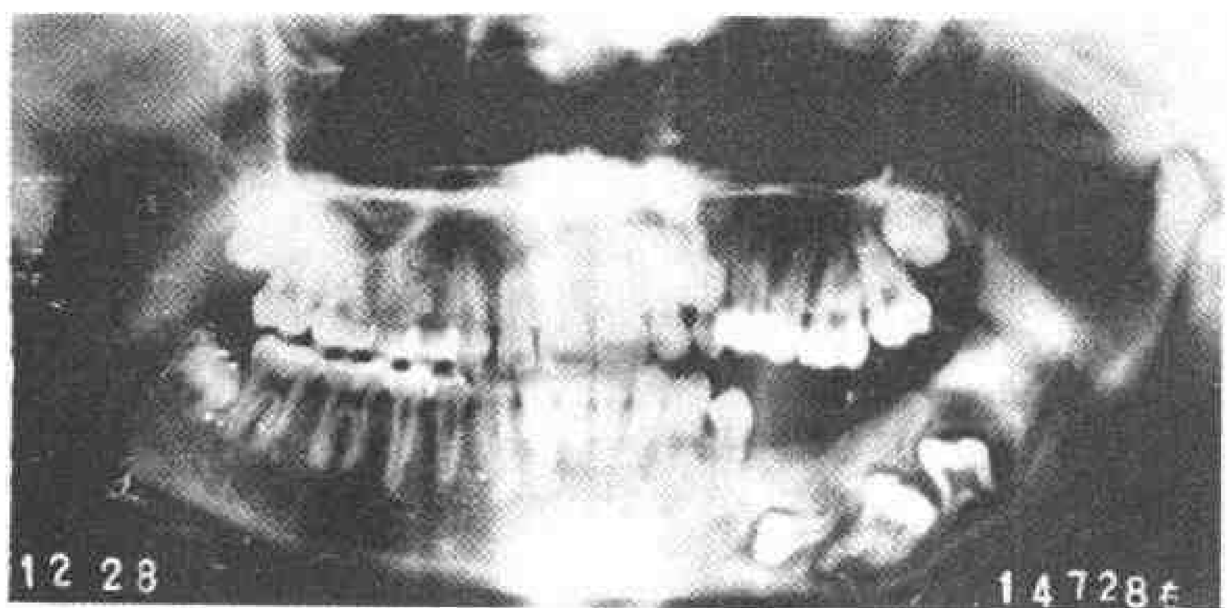
(1)



(2)



(3)



（4）

图 17-2-55　颜面及颌骨发育不对称
（1）曲面体层片　左上、下颌骨皆发育不良，形成偏面畸形。患者男性，17岁，外耳道闭锁，耳廓发育不全，耳前瘘，符合第二鳃弓综合征；（2）曲面体层片　左下颌骨发育不良；（3）下颌后前位　左下颌发育不良；（4）右上、下颌骨发育不良、右喙突细小、下颌角平坦，765|阻生

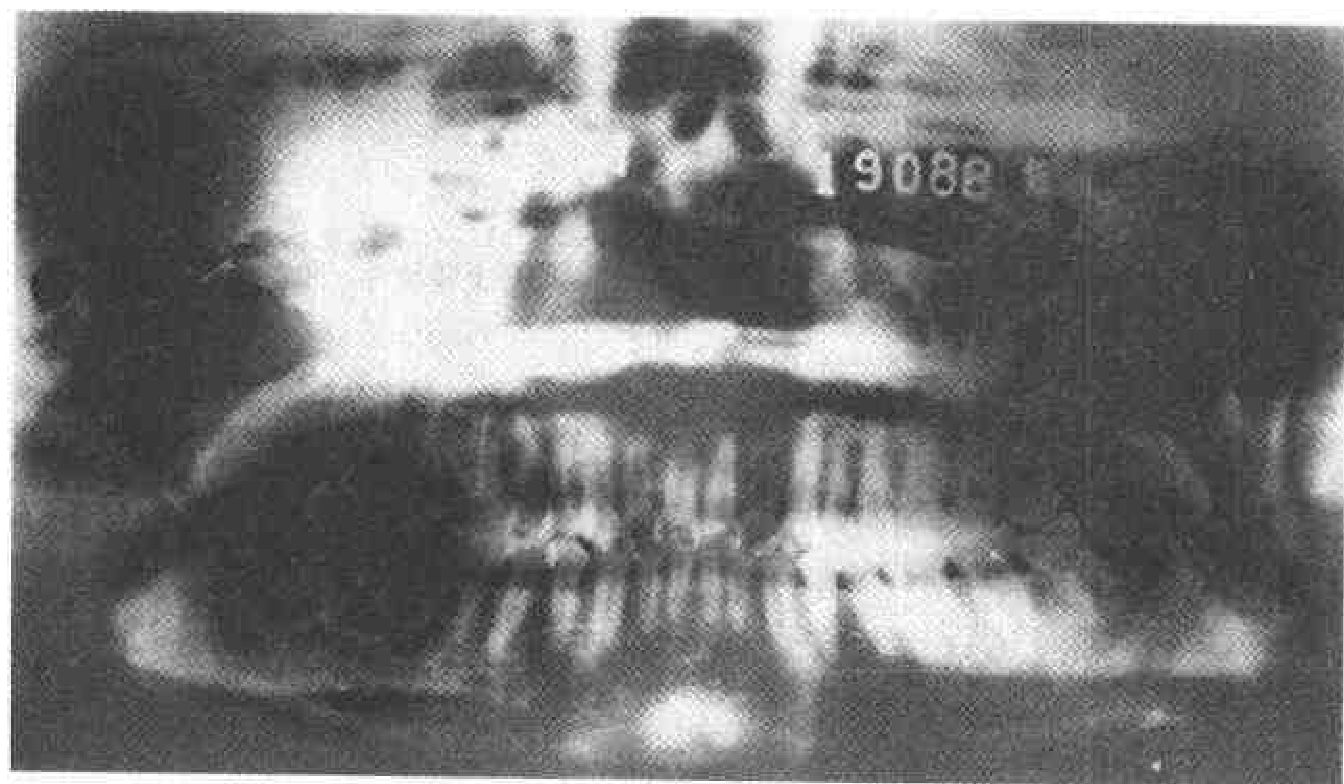


图 17-2-56　下颌角良性肥大
示双侧下颌角肥大。下颌角钝圆、角前切迹消失

六、腭　　裂

腭裂皆为先天所致，可发生于单侧或双侧。约有80%的腭裂患者伴有单侧或双侧唇裂。有完全腭裂和不完全腭裂，完全腭裂常伴有上颌骨及牙槽突发育不良，严重者还伴有牙槽突裂。故有上前牙排列不齐上切牙有移位或扭转等。

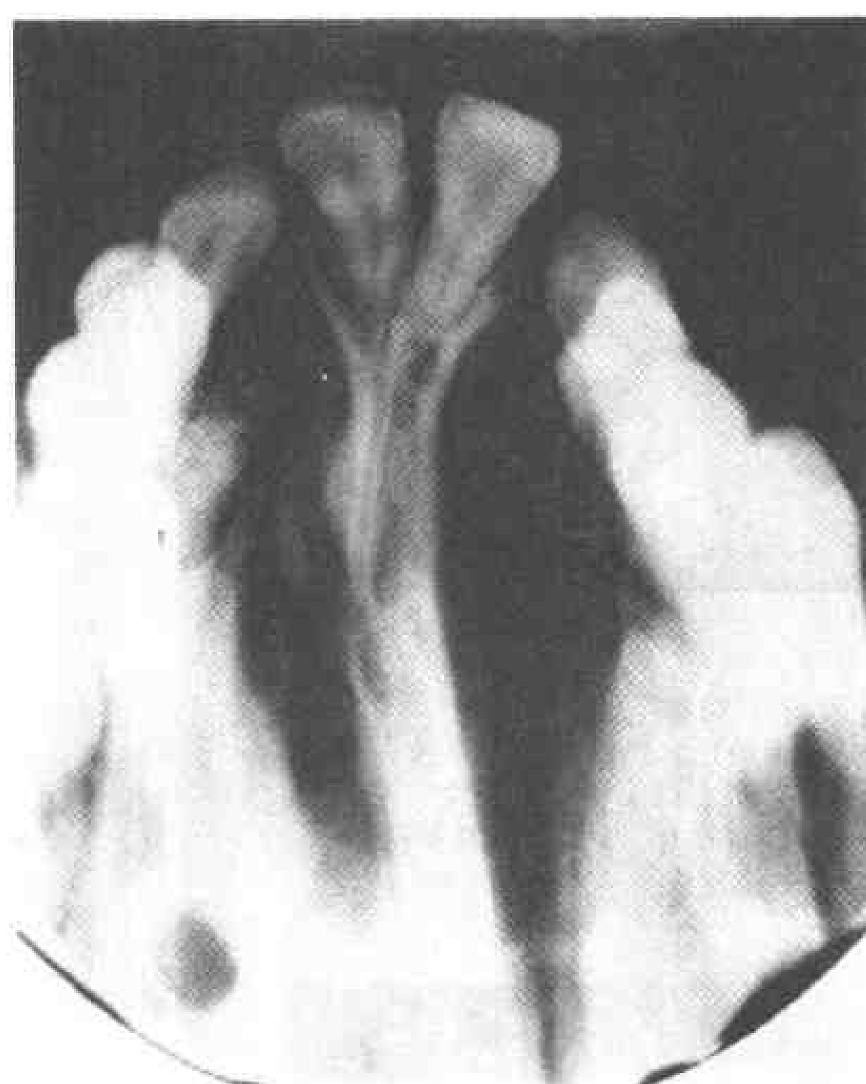
【X线检查】 头影测量侧位片和上颌殆片。

【X线表现】 头影侧位片上可见到上颌硬腭水平板的前后距小于正常值，前鼻嵴不清。从上颌殆片上可观察到腭裂裂隙裂开的程度，上前牙移位的情况，牙根有否弯曲或其他畸形（图 17-2-57（1）（2））。

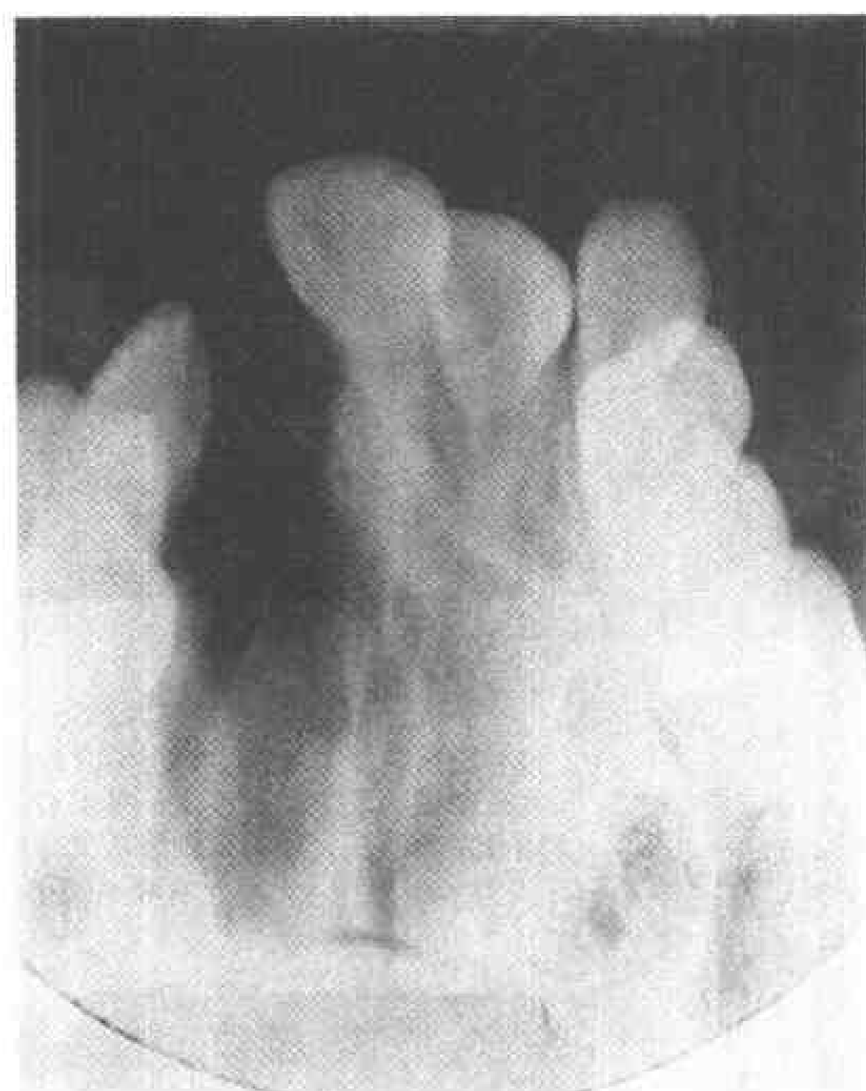
七、甲状舌管囊肿或瘘

甲状舌管囊肿或瘘由于在胚胎时期甲状舌管退化不全，残存上皮的分泌物聚积则形成甲状舌管囊肿。如甲状舌管部分或全部保持开放则形成瘘管，囊肿继发感染也可形成瘘。甲状舌管囊肿多见于10岁以前的儿童，亦可见于成年人。一般发生于自舌盲孔至胸骨切迹的颈部正中线上，但以舌骨附近多见。瘘管可为完全性和不完全性，完全性的内端开口于舌根，外端开口于舌骨区皮肤；不完全性则仅有内口或外口。

【X线检查】 必需作造影检查，拍摄颈部侧位和正位片。作甲状舌管囊肿造影则用76%的泛影



(1)



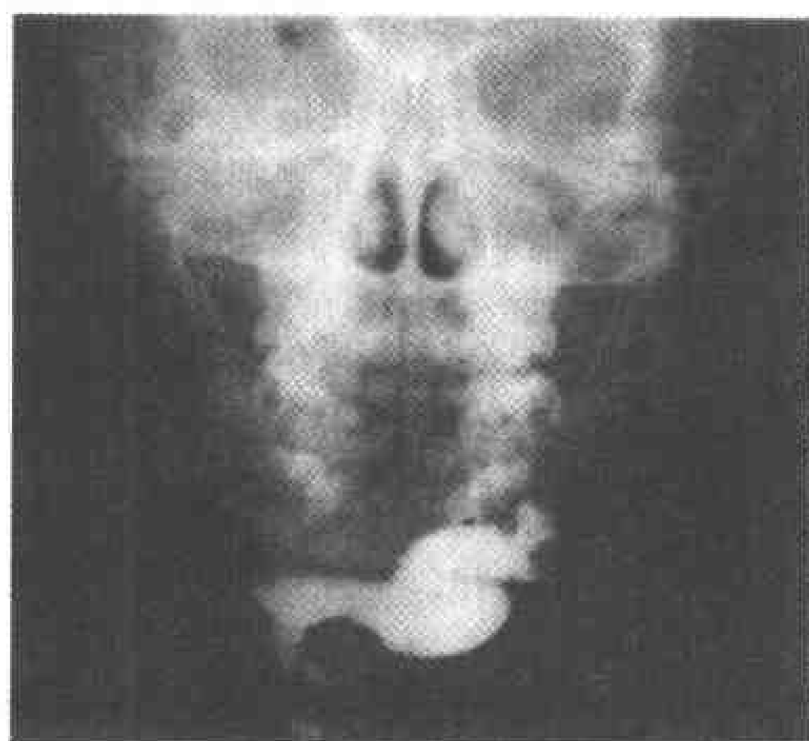
(2)

图 17-2-57 腭裂

(1) 上颌𬌗片 双侧完全腭裂伴牙槽骨裂（上颌𬌗片）；(2) 上颌𬌗片 单侧完全腭裂伴牙槽骨裂

葡胺，凡有瘘道者，则用 40% 碘化油造影效果更好。

【X线表现】 可见于颈正中或稍偏一侧，从瘘口至舌骨有一弯曲粗细不均匀的瘘道，有的近舌骨处可有分叉，如为完全瘘其末端可达舌根的舌盲孔处，此种情形，患者自称口内有碘油味。甲状舌管囊肿经造影后确定其大小、范围和深度及与舌骨的关系，并以其位于颈正中部，可与鳃裂囊肿或瘘鉴别（图 17-2-58 (1) (2)）。



(1)



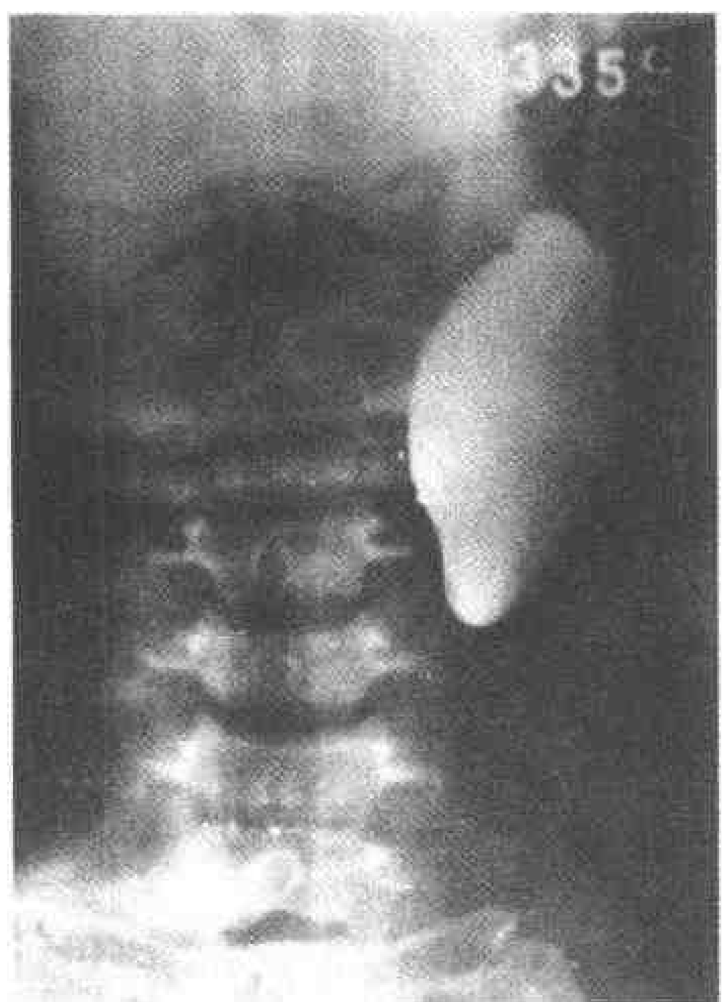
(2)

图 17-2-58 甲状舌骨囊肿

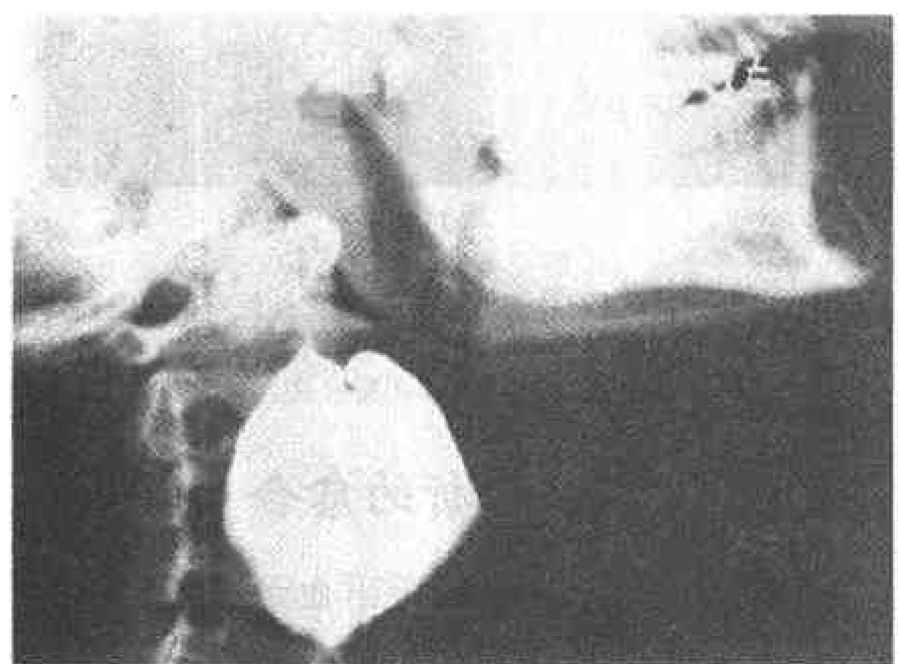
(1) 正位片 颏下囊腔碘水造影显示囊腔的位置、大小和形态；(2) 侧位片 示囊腔位于颏下及颈上部，分上下两个形态不规则的囊腔。与 (1) 为同一患者

八、鳃裂囊肿或瘘

鳃裂囊肿或瘘是由上面4对鳃弓的鳃板由鳃沟和鳃囊分隔，如果鳃沟或鳃囊闭合不全，则可形成鳃裂囊肿或瘘（图17-2-59（1）（2））。



(1)



(2)

图17-2-59　鳃裂囊肿（囊腔造影）
(1)正位片　囊腔造影显示右颈上部有一似卵圆形的囊腔，界清；(2)侧位片　与(1)图为同一患者，囊腔似梭形，上缘有一陷窝

【X线检查】以碘油作瘘管造影，用碘水作鳃裂囊肿造影，拍摄颈上部正、侧位片。

【X线表现】确定其位置的低、深度、来源于哪一对鳃弓，和确定是完全性或不完全性。完全性有开放的内口和外口；不完全性者仅有外口或内口。鳃裂囊肿穿破后可以长期不愈，形成鳃裂瘘，常为不完全瘘，即只有外口；先天未闭合的瘘常为完全瘘，既有外口又有内口。

发生于舌骨及下颌角之上者，常来源于第一鳃裂；发生于肩胛舌骨肌水平以上者，多来源于第二鳃裂；发生于颈根区者多来源于第三、四鳃裂。造



(1)



(2)

图17-2-60　鳃裂瘘
(1)正位片　瘘道碘油造影显示于颈右侧从平第7颈椎的瘘口注入造影剂上行直达舌根部；(2)与(1)图为同一患者的侧位片，显示瘘道上部增粗且有多个细的分叉

影所显示瘘管皆位于颈部一侧，呈粗细不匀的瘘道，如从皮肤瘘口注入造影剂经瘘道达外耳道内者为第一鳃裂瘘；造影剂达扁桃体窝者为第二鳃裂瘘；第三鳃裂瘘管上口造影剂进入梨状隐窝内，甚至进入咽腔。有时瘘管无内口呈盲管状，多为不完全瘘（图 17-2-60（1）（2））。

（雷荀灌）

第七节 颌面部损伤的X线诊断

口腔颌面部是人体表面的暴露部位，无论在日常生活中的意外，战伤或交通事故中，都易发生颌面部的损伤，诊断有无骨折和骨折的性质等是必不可少的。

一、骨折X线诊断要点

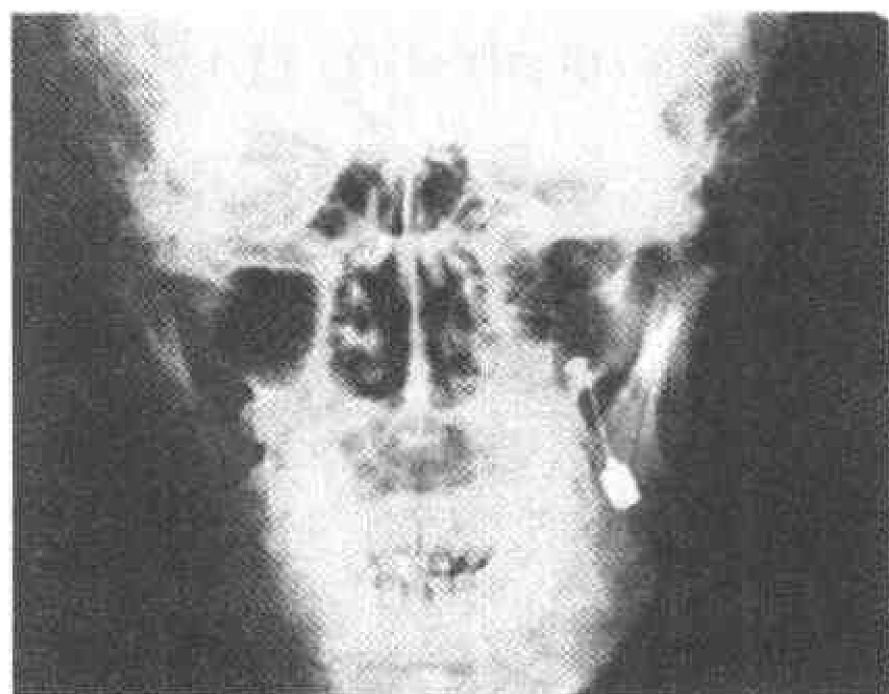
1. 骨折的部位、数目 了解是单发或多发。有些骨折为直接暴力所致，发生单处骨折；有些为间接暴力所致，发生多处骨折。如一侧下颌颏部骨折常伴发对侧髁状突颈的骨折。

2. 骨折的类型 了解是完全骨折或不完全骨折、是线状骨折或粉碎性骨折。注意观察有无骨质缺损、有无碎骨片及异物存留。火器伤根据致伤武器的不同，损伤的性质和程度各异。如爆炸伤常导致粉碎性骨折、并有多个金属弹片。异物定位的方法：先拍摄正、侧位平片，根据平片了解异物的大概位置，从该处插入穿刺针，再拍摄正、侧位平片。最好在透视下，将插入的针尖接近或抵触异物。以穿刺针为标记，较为准确地估计异物的深度、位置，指导手术入径（图 17-2-61）。必要时，可用CT或MRI进行定位。

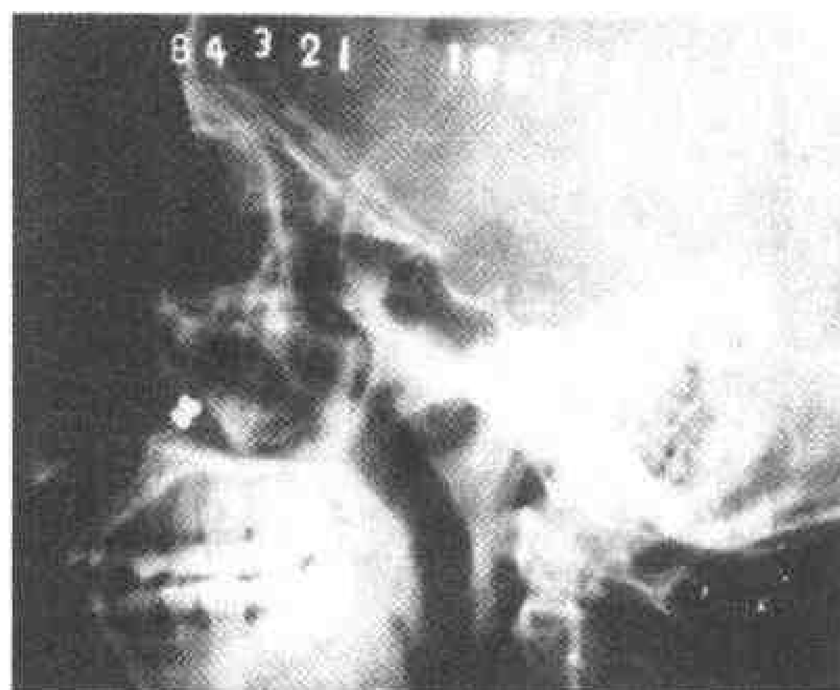
3. 骨折的移位 了解骨折线的走行、骨折片的移位及移位的方向和程度。影响骨折移位的因素较多，如骨折的部位、暴力的大小、方向及肌肉的牵引力等。有些骨折片分离移位、有些则是镶嵌移位。

4. 骨折线与牙齿的关系 观察牙是否在骨折线上及牙的位置及方向，有无牙折、断根、病灶牙，混合牙列还应观察骨折线与恒牙胚的关系。

5. 区别骨折线与正常骨缝 骨折线为不规则、不整齐的裂隙，宽窄不均，虽常发生于骨缝部位，但骨折线的走行方向很少与骨缝完全重合。正常骨缝有恒定的位置和走行方向，缝隙细而均匀，常双侧对称，两骨之边缘整齐；骨折后，两骨折片边缘呈阶梯样错位。



(1)



(2)

图 17-2-61 异物定位

(1) 正位片 见汽枪弹片位于上颌窦外侧壁的下分距插入的针尖很近；(2) 侧位片 见汽枪弹片位于上颌窦前壁正好在颧牙槽嵴前缘正好在插入针尖的上端

二、骨折的愈合

骨折后，断端血管破裂出血形成血肿，伤后4～5小时可形成血凝块，X线片检查可见清晰锐利的骨折线，软组织肿胀明显，由于无菌性炎症及渗出的加剧，炎细胞浸润、吞噬细胞活跃，细胞和血管迅速长入血凝块，成骨细胞活跃产生骨样组织。在血凝块周围，肉芽组织亦迅速生长，同时有毛细血管扩张充血，一般在骨折后2～3周，血凝块伴随新生毛细血管的长入而发生机化，此时拍片可见骨折线由锐利变为模糊光滑，折缝变宽，有些可出现层状或花边样的骨膜反应。继之，断端附近的骨外膜深层及骨内膜产生大量的成骨细胞，散布

于断端的肉芽组织，形成骨样组织。约在骨折后的4～6周可有骨痂形成。儿童骨痂出现较早，约1个月左右。X线片上成人3～6个月、小儿2个月左右可见骨性愈合征象。骨痂表现为排列紊乱、无一定纹理方向的骨质密度影像。当内外骨痂与桥梁骨痂完全融合并骨化，逐渐形成成熟的骨结构，通过成骨细胞和破骨细胞的作用及功能训练，新生骨痂逐步塑形改建成为正常骨小梁。拍片可见骨折线模糊、折缝变窄，如复位良好，骨折线可完全消失。骨折的愈合速度与患者年龄、健康状况及临床治疗是否及时、复位良好与否有关。如愈合不良，则表现为骨折线增宽、骨痂出现迟缓或不出现、有些可发生错位愈合或外伤性骨髓炎。颌骨为骨膜化成骨，血运丰富，愈合较快，如上颌骨超过10天、下颌骨超过2周，则难以正常复位。还将造成功能障碍、面部畸形。

三、颌面骨骨折的分型

1. 按部位分　常有牙槽突骨折、上颌骨骨折、下颌骨骨折、颧骨颧弓骨折及鼻骨骨折等。

2. 按病因分　可分为外伤性骨折和病理性骨折。前者系因直接或间接的暴力作用发生骨折。后者则由于骨髓炎或肿瘤等病理因素所致。

3. 按病变程度　可分为完全性骨折、不完全性骨折和粉碎性骨折。

四、颌面骨骨折的特点

(一) 牙槽突骨折

牙槽突骨折好发于前牙区，可单发，也可与上、下颌骨或其他部位的骨折同时存在。常伴有牙折或牙脱位。有的为牙缺失；有的为嵌入性牙脱位。如摇动一牙，可见邻近牙随之摇动。

【X线表现】 牙槽突骨折以根尖片、𬌗片显示最好。骨折线为横行、斜行或纵行，折断处可见𬌗面不在同一水平，或出现台阶（图17-2-62）。

(二) 下颌骨骨折

下颌骨骨折　下颌骨是颌面部面积最大、位置较突的骨骼，是颌面损伤的好发部位。根据华西医科大学1986—1995年下颌骨骨折病人的分析研究结果，下颌骨骨折的好发次序为颏部、髁状突、颏孔区及下颌角。可以单发、也可多发或为粉碎性骨折。常伴牙槽突骨折及牙折，有的有错位，有的错位不明显。下颌骨的外形呈U形，如若一处受外力发生骨折，可伴发其他部位的间接骨折。下颌骨骨折片的移位与外力的方向和肌肉附丽有直接关系。

【X线表现】 X线检查应拍摄曲面体层片、下颌后前位，颏部骨折还需加照𬌗片。下颌骨不同部位骨折，特点如下：

1. 颏部正中骨折　单发的正中骨折，骨折线多在正中联合附近，可垂直纵行或斜行，错位不明显；如为双线骨折或粉碎性骨折，前骨折段因附着在颏棘上的肌肉牵拉向后下移位，或由于下颌舌骨肌的牵拉向中线移位，导致下颌牙弓缩窄。正中颏部骨折可伴一侧或双侧髁状突的间接骨折（图17-2-63）。

2. 颏孔区骨折　常见于前磨牙区，单发性骨折较多见，为纵行、斜行骨折，或粉碎性骨折。骨折段分为长、短骨折段，长骨折段主要受降颌肌群

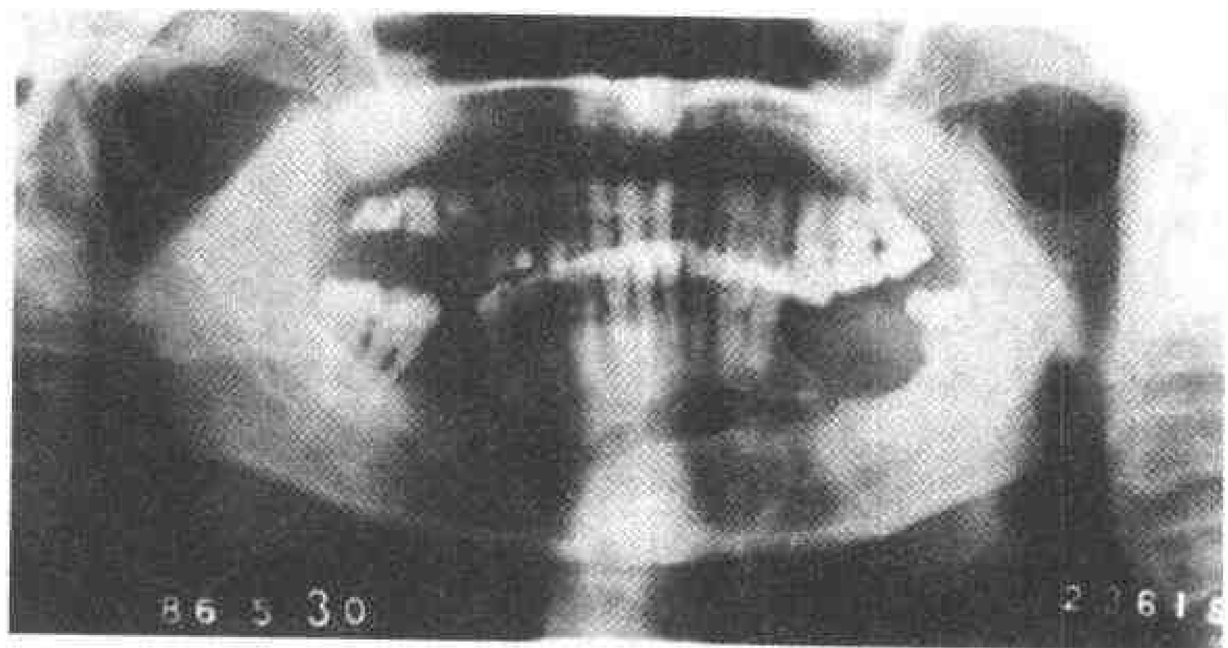
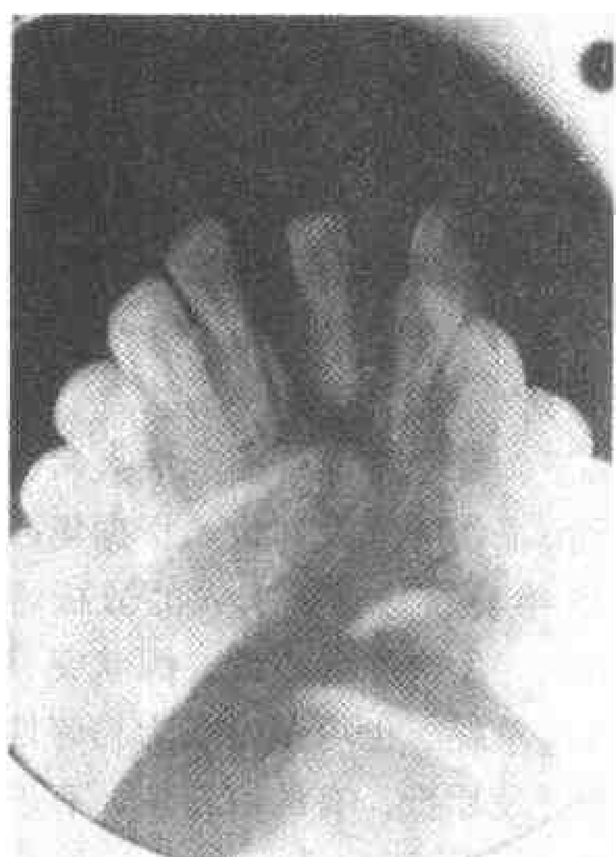
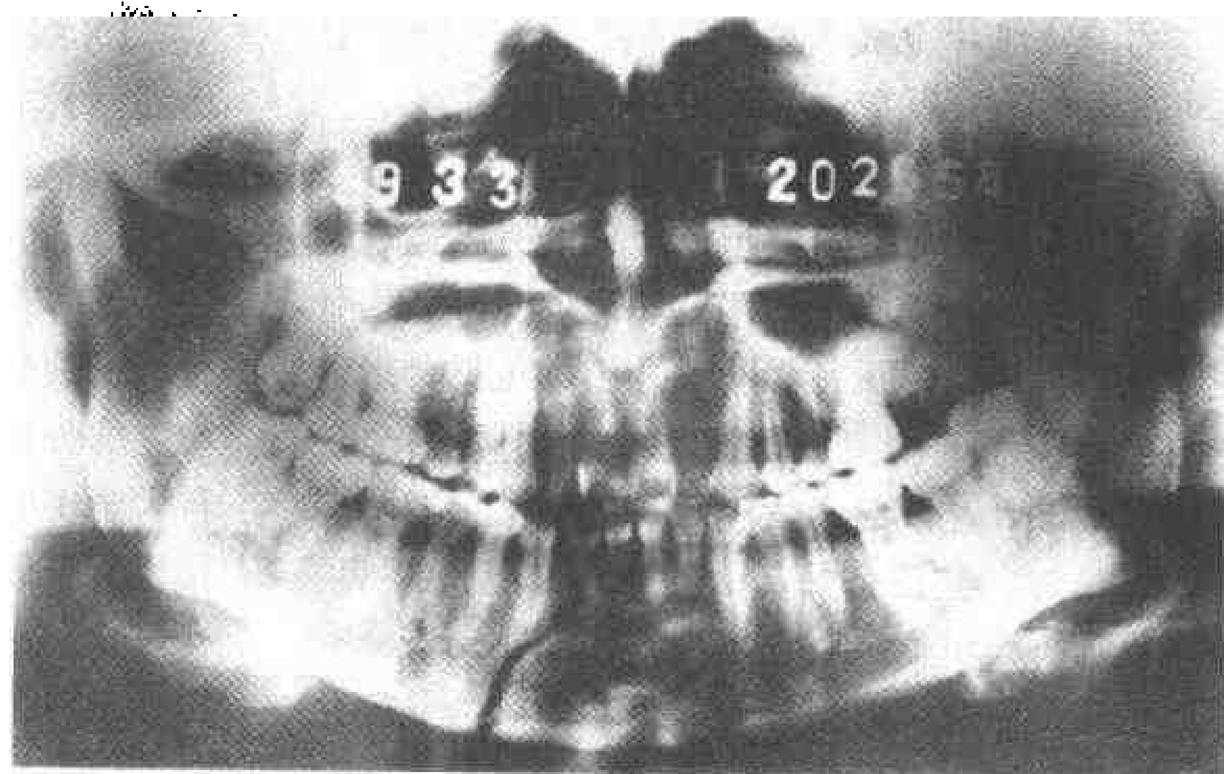


图17-2-62　牙槽突骨折
颏部牙槽突横行折断5┬5及牙槽骨向𬌗方移位



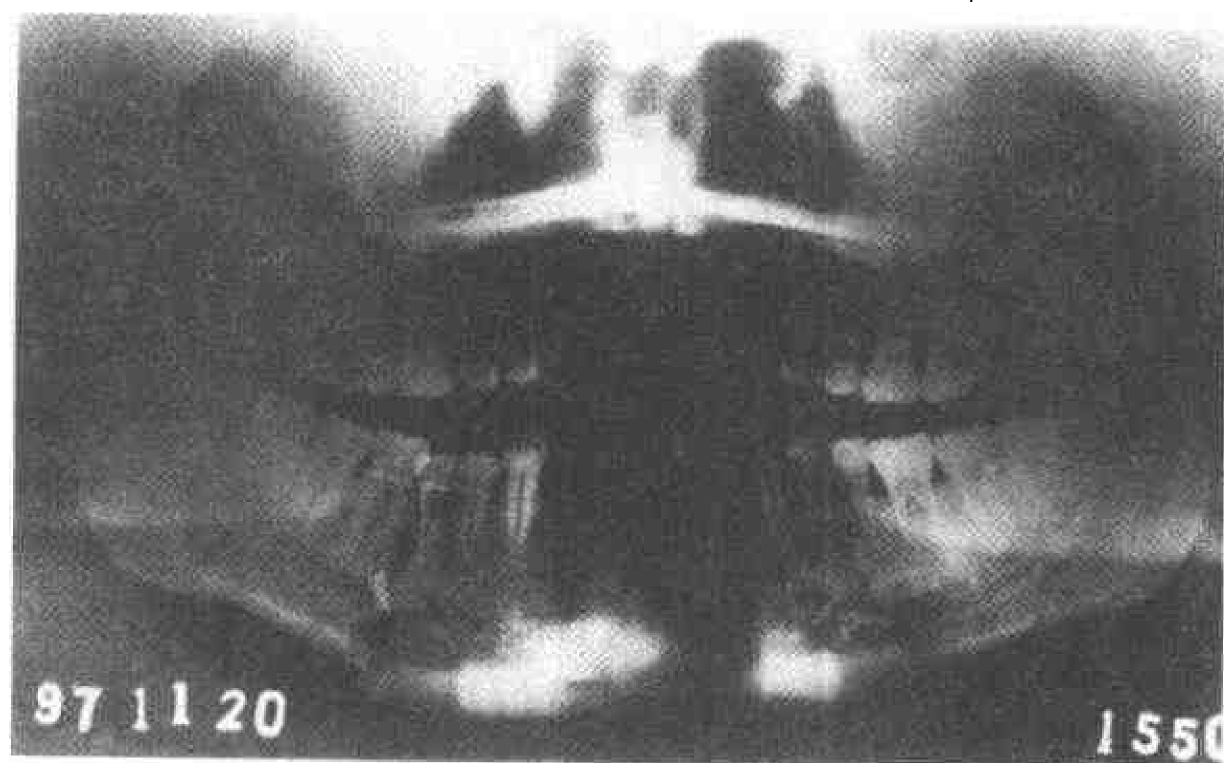
(1)



(2)

图 17-2-63 颏部骨折

(1) 殆片 下颌正中骨折，错位明显，$\overline{1|}$唇侧脱位有二个碎骨片；
(2) 曲面体层片 颏部骨折，折线位于$|\overline{23}$之间



(1)



(2)

图 17-2-64 左颏孔区骨折伴颏部骨折

(1)骨折线通过$\overline{65|}$之间，颏部骨折，折断的两骨之间裂开，$\frac{21|12}{21|12}$均缺失，牙槽亦有缺失；(2)右下颌斜侧位右颏孔区陈旧性骨折错位愈合，右下颌升支向上移位明显，下颌骨体部有骨缺损

牵拉向下、内移位；短骨折段主要受升颌肌群牵拉向上前并稍偏内侧移位，前牙可显示开𬌗。一侧颏孔区骨折可伴发对侧下颌角部、升支或髁状突的间接骨折（图17-2-64）。

3. 下颌角部骨折　常发生在下颌第三磨牙近远中区，可为间接骨折，也可由直接暴力造成。华西医科大学口腔医院对413例下颌骨骨折统计资料表明：下颌第三磨牙的有无与下颌角部骨折的发生率有密切关系。特别是前倾或水平阻生第三磨牙的存在有一种楔状作用，有第三磨牙骨折发生率是无第三磨牙者的3.86倍。且第三磨牙的倾斜角度越大、阻生位置越低，越容易发生骨折。如骨折线位于咬肌、翼内肌附着之内，骨折片错位不显著（图17-2-65）。如骨折发生在咬肌、翼内肌之前，下颌升支向上内移位。有时斜行骨折线在颊、舌向不在同一水平，或两侧骨折片只有内外向错位，而无上下错位时，骨折线不明显。此时应注意观察下齿槽神经管壁是否连续，必须将正侧位不同方向投照的X线片结合起来分析，避免漏诊和误诊。

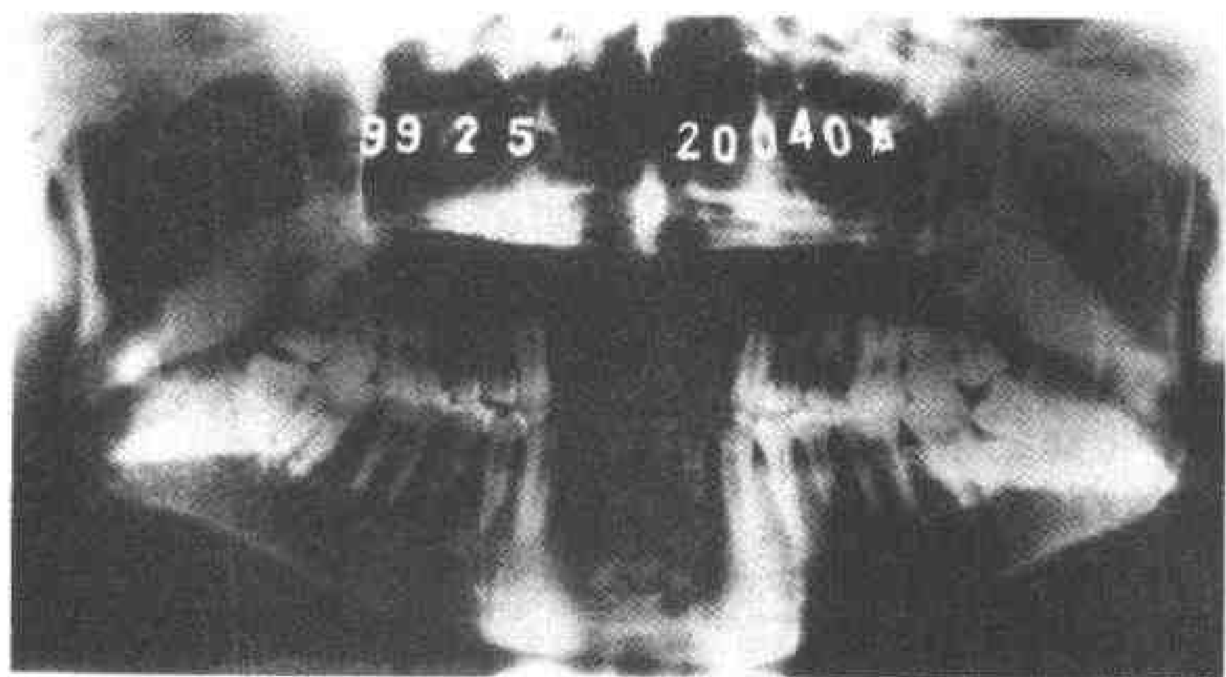
4. 髁状突骨折　好发于髁状突颈部，常因下颌正中或颏孔区遭受暴力而发生间接骨折。也可因火器伤或来自侧方的暴力造成直接骨折。髁状突可有单侧骨折和双侧骨折。骨折后，患侧关节区有明显的疼痛、张口时加重，局部有压痛，如髁状突前内移位时，可扪及关节凹空虚、髁状突动度消失。单侧髁状突骨折时、患侧𬌗关系错乱，下颌中线偏移。双侧髁状突骨折并移位时，下颌升支被拉向上，后牙早接触，前牙呈开𬌗。

髁状突骨折多发于髁颈部，也可发生于髁颈下部和髁状突头即髁突高位骨折或关节囊内骨折。骨折线有斜行、横行和纵行。斜行和横行折断由于翼外肌的牵拉，髁状突可完全向前向内倒斜脱位移位，关节窝空虚。横行骨折有时可因折线断面的镶嵌作用，或低位髁颈部的斜行折线从前上的乙状切迹斜向下后的升支后缘，髁状突则呈向前向内弯曲移位。髁状突高位骨折，常有髁突头部一小部分骨折，折断的小骨块亦向前内移位。纵行骨折后，常分内外两个骨折片，外侧骨折片可无移位，内侧骨折片向前、内移位，由于外侧骨折片的重叠或其他组织的掩盖，有时不易显示清楚，此种情况更应拍摄开口后前位及曲面体层等，从不同的方向投照。儿童髁状突骨折可为“青枝”骨折，应仔细观片，以免漏诊（图17-2-66）。

（三）上颌骨骨折

上颌骨骨折　上颌骨与邻近诸骨及颅底组成拱形结构，能够抵抗较大的外力。如受外力发生骨折，常伴有邻近颜面骨和颅骨骨折，骨折好发于突出部位和骨质结构薄弱区，如牙槽突、鼻骨、眶底、颧颌缝、颧额缝、颧颞缝等。可单侧、也可为双侧。因上颌骨表面无强大的肌群，骨折移位主要受暴力方向和骨重力的影响，程度较下颌骨轻。单侧上颌骨骨折多向内下移位，双侧骨折因重力作用向下移位。

【X线表现】　X线检查常用华特位、鼻额位、上颌曲面体层、𬌗片。如伴颅骨或颅底骨折，同时应拍颅骨正、侧位及颏顶位，有时可作CT检查。



(1)

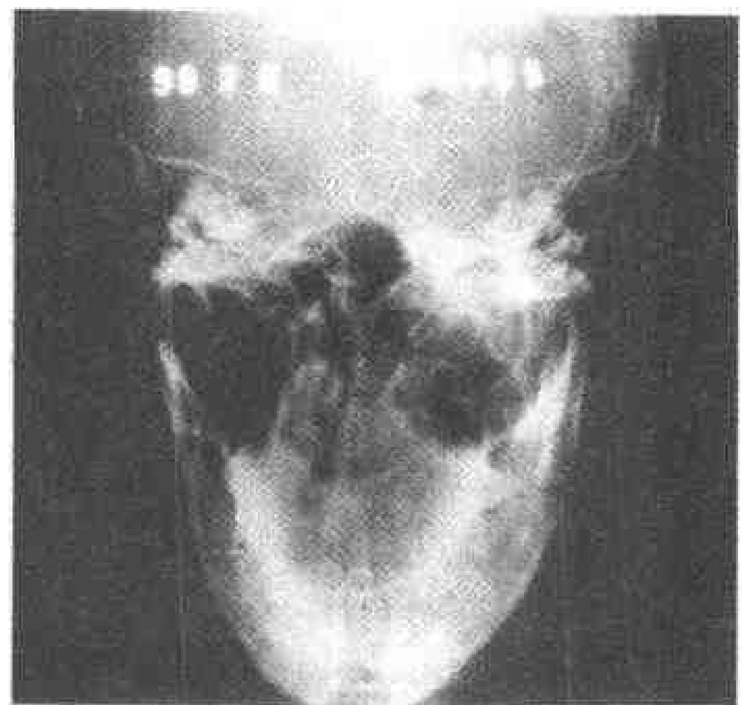
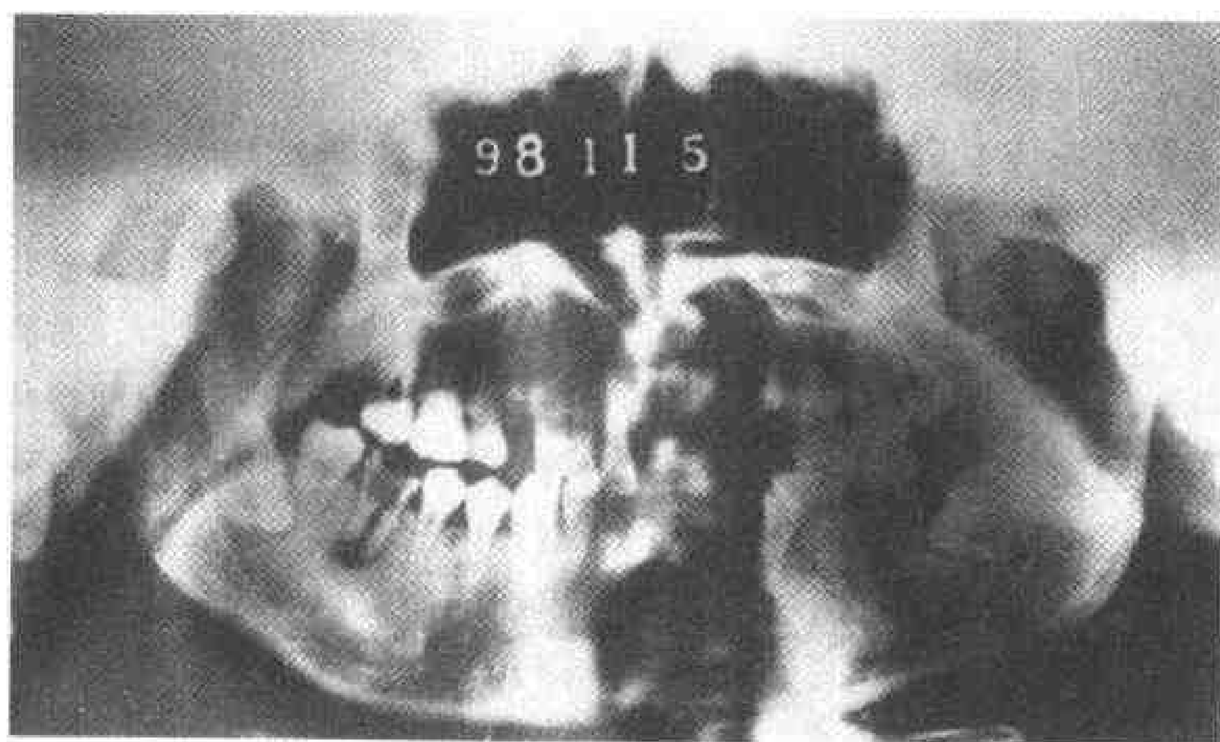

(2)

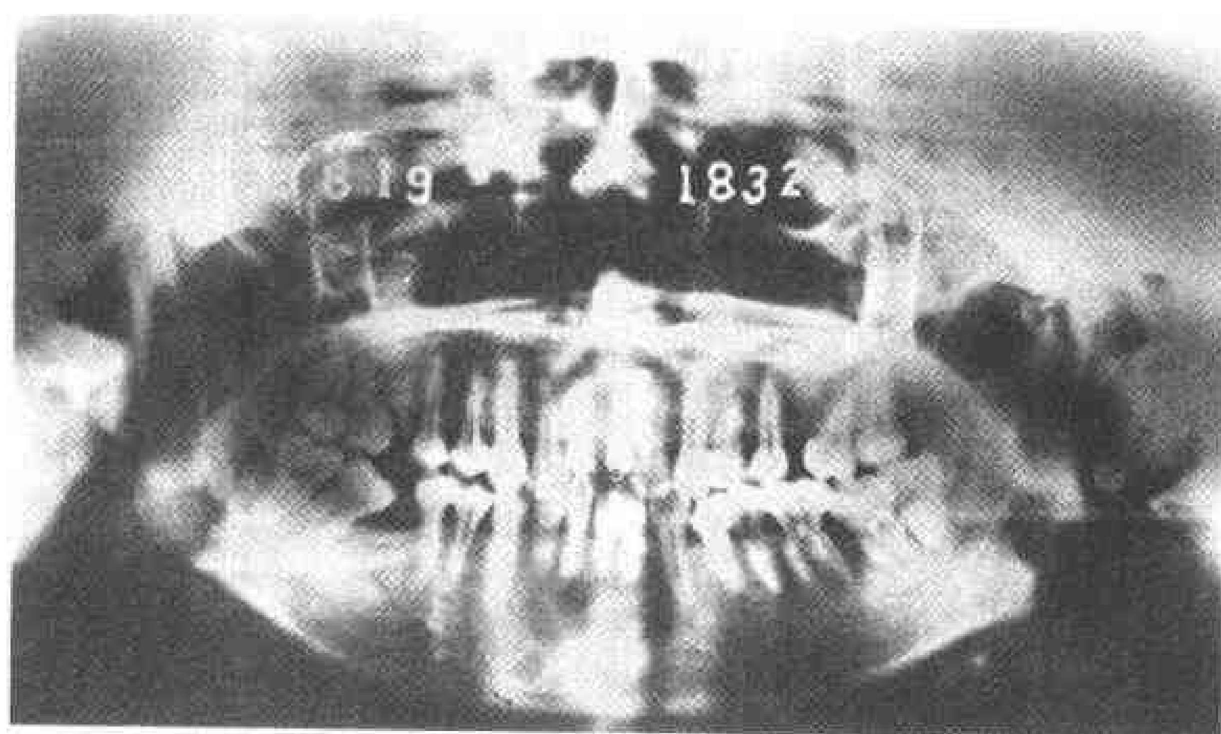
图17-2-65　下颌角骨折
（1）曲面体层片　右下颌角线状骨折，折线位于8┐近中根尖至下颌角，无错位；
（2）下颌后前位与（1）图为同一患者显示右下颌角有一线状骨折线

硬腭部骨折应拍摄殆片，多呈纵行折线、

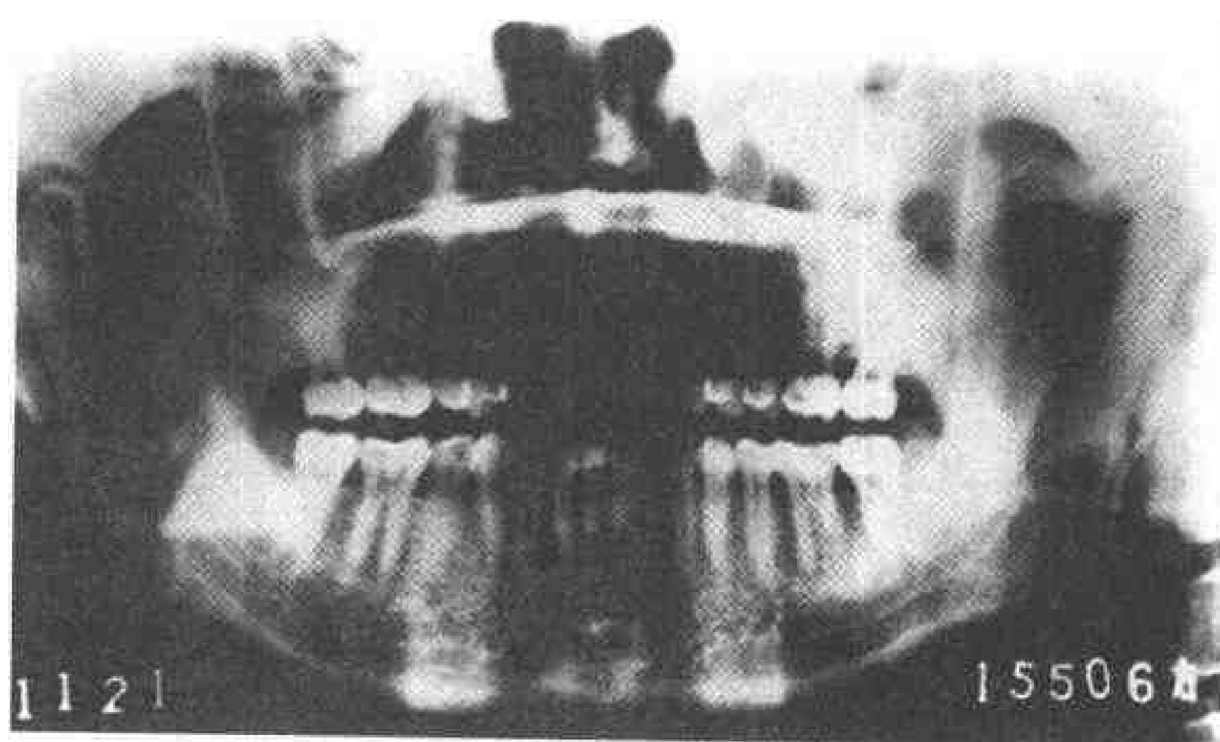
上颌骨骨折可以是单侧，也可以是双侧。可以累及一部分上颌骨，也可以是整个上颌骨。根据骨折好发部位，分为以下几种类型。



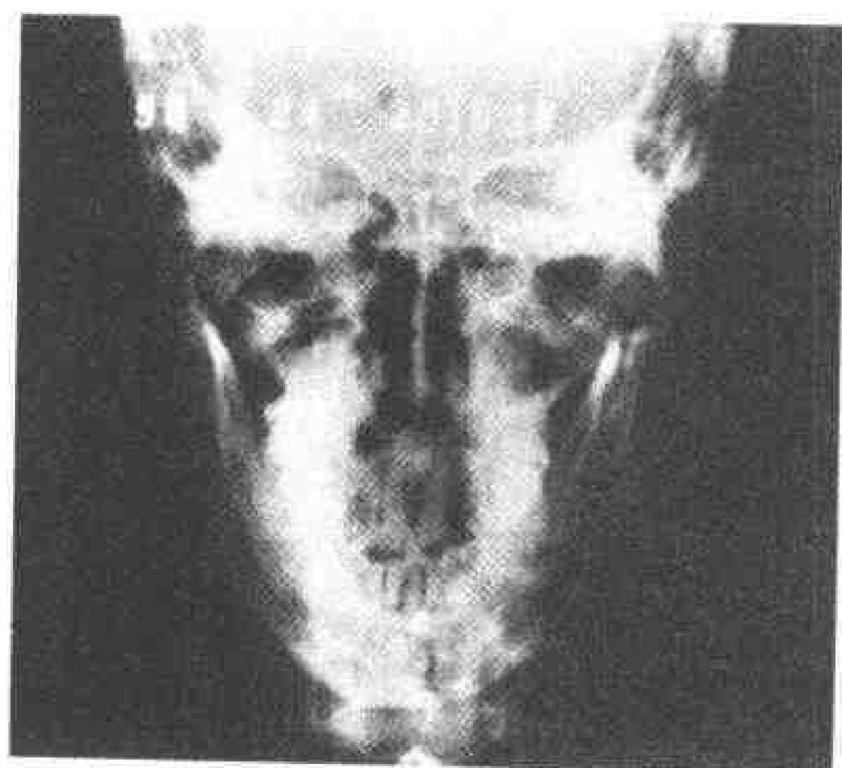
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-2-66　髁突骨折

(1) 左髁突颈骨折，伴颏部及右颏孔区粉碎性骨折，左下颌角线状骨折，髁突前移位；(2) 右髁突头粉碎性骨折伴左颏孔区线状骨折；(3) 左髁突骨折、髁突向前下移位，伴颏部线状骨折无错位；(4) 左、右髁突颈骨折，髁突向内倾斜移位

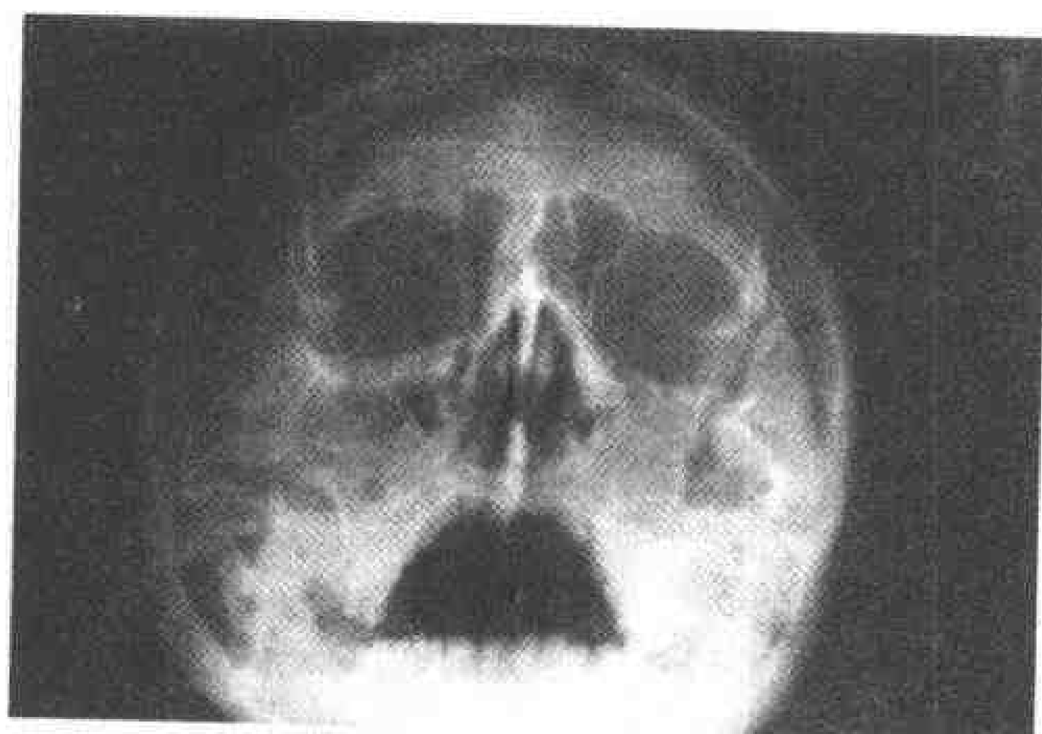


图 17-2-67　上颌骨骨折

左上颌 Lefort Ⅰ型骨折　颧牙槽嵴，牙槽突折线；右上颌 Lefort Ⅲ类骨折

1. Lefort Ⅰ型　骨折线相当于下薄弱线。从梨状孔下部开始，经牙槽突底部与上颌结节的上方，水平向后延伸至翼突。在X线片上显示横行裂开的折线。有时表现为牙槽突局部的骨折，也可伴有上颌窦内壁、颧牙槽嵴折裂及牙齿损伤（图 17-2-67），为上颌骨低位骨折。

2. Lefort Ⅱ型　骨折线相当于中薄弱线。横过鼻背、经眶内壁下部达眶下缘、向下至眶底，通过颧颌缝或颧骨下方再向后至翼突。在X线上常表现为上颌窦内、外、上壁骨折，眶下缘、颧颌缝、颧牙槽嵴折裂，眶下缘不连续不平滑呈阶梯状，双侧上颌窦形态不对称，患侧上颌窦腔变形、昏暗，如有积血可见液平面（图 17-2-68），侧位片上可见前壁和后壁的折裂，为上颌骨中位骨折。如硬腭部骨折，必须依靠𬌗片方能显示。

3. Lefort Ⅲ型　骨折线相当于上薄弱线。横过鼻背、眶部、经过颧骨上方，再经颧颌缝向下后达翼突，华特位上还可见颧额缝断裂，形成完全的颅面分离（图 17-2-68）。临床表现眶周淤血青紫呈典型的“熊猫眼”征。在X线片上整个上颌骨块向下内移位，患侧眶下缘下移，双侧眶下缘不在同一水平，双侧眼眶或上颌窦形态不对称，上颌牙弓亦不对称，上颌窦昏暗。当骨折累及蝶骨翼突时，由于位置较深，重叠影像多，常规X线难以显示，

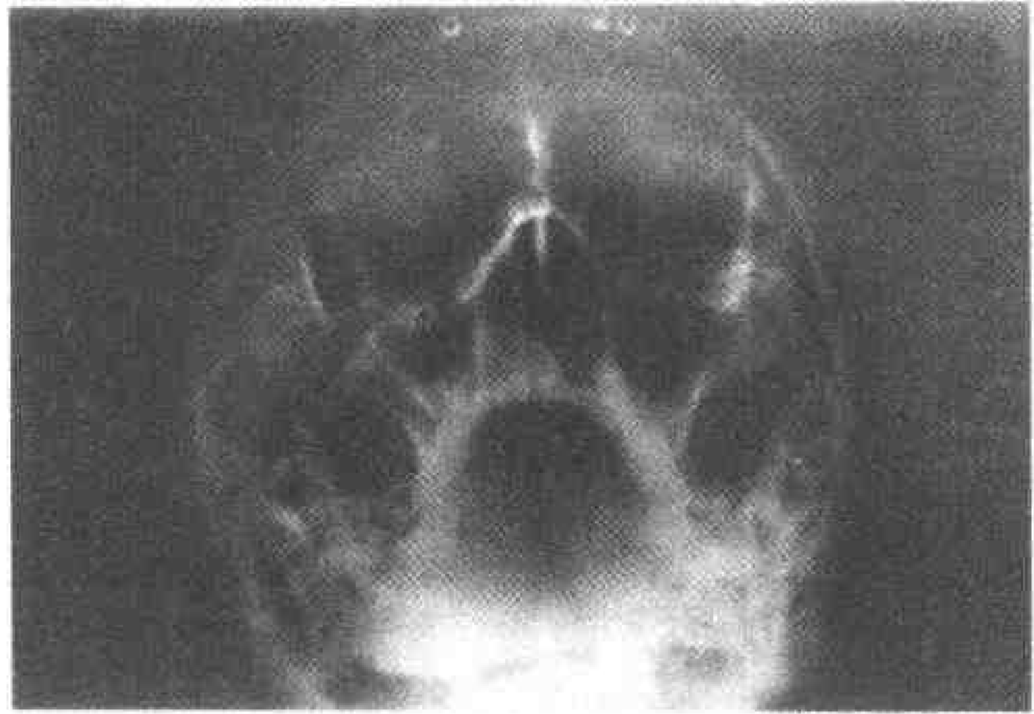


图 17-2-68 左上颌骨 Lefort Ⅲ型骨折
右上颌骨 Lefort Ⅱ型骨折

有条件者应照 CT。

Ⅱ、Ⅲ型上颌骨骨折皆可伴有鼻骨、泪骨、颧骨、颧弓及蝶骨翼突等多个颜面骨骨折。

有的上颌骨骨折并不完全按上述分型走行，甚至伴粉碎性骨折则征象各异。由于邻近解剖复杂，重叠影像较多，常难以辨认骨折线。读片时应注意观察以下几点：①上颌窦各骨壁是否连续完整，特别是上颌窦外下壁和颧骨下缘构成的弧形骨壁是否连续。②双侧眶下缘是否在同一水平。一侧骨折后，骨折块受重力作用下移，左右眼眶下缘形态不对称。一侧眶下缘下移。③双侧上颌窦形态是否对称，窦腔透光度是否一致。骨折后，患侧上颌窦可发生变形，窦腔昏暗或因积血而出现液平面。④双侧牙弓是否对称。⑤注意区分骨折线与正常骨缝。

复杂严重的上颌骨骨折，可伴有颅骨，甚至颅底骨折，出现危重的生命体征时，应减少搬动，等待病情好转再作 X 线检查。

（四）颧骨、颧弓骨折

颧骨位于面中份的前外方，是构成面中部主要支架骨之一，较为突出，容易受外力发生骨折。近年国内资料表明：颧骨骨折居面骨骨折的第二位，仅次于下颌骨。颧骨骨折可单发、也可与上颌骨骨折同时存在，或颧骨颧弓联合骨折。颧面部出现塌陷及不同程度的淤斑、血肿。

颧弓由颧骨的颞突和颞骨的颧突经颧颞缝连接而成，呈弓形薄弱骨片，位于面中份外侧，骨折多见。颧弓骨折后，骨折片常向内塌陷移位，压迫喙突，造成张口受限或张口疼痛。

【X 线表现】 颧骨骨折可分为三型：

Ⅰ型：单纯颧骨骨折，一线骨折，常见于颧颌缝处，可斜折至眶下缘；可纵折至眶外缘，多数骨折可无移位（图 17-2-69）。

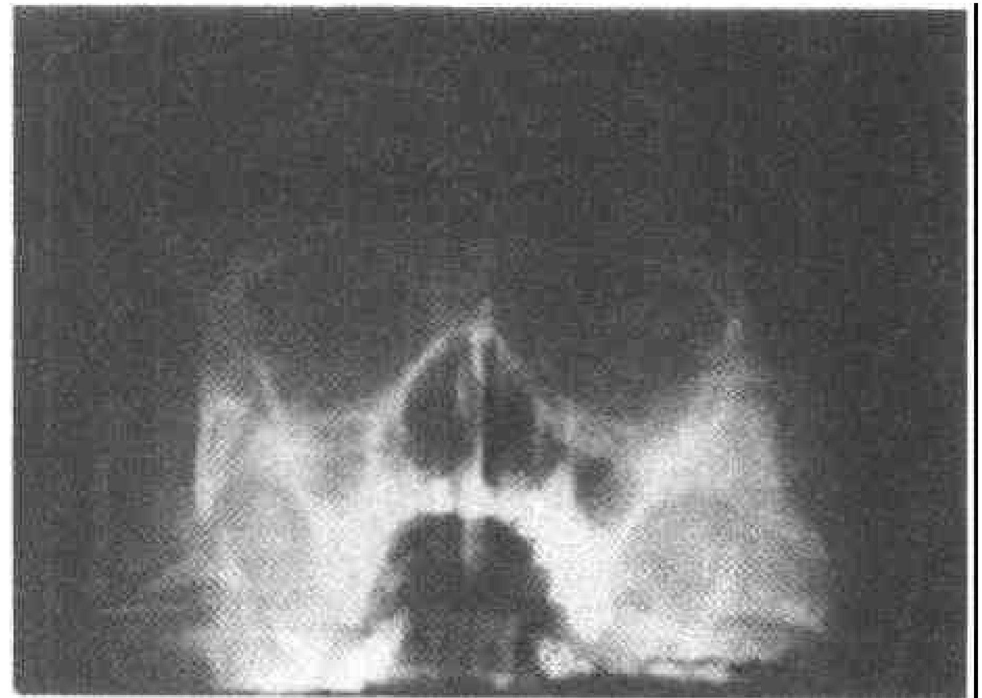


图 17-2-69 左颧骨骨折
骨折块向内移位

Ⅱ型：颧弓骨折、可为一线、二线、三线骨折，颧弓的三线骨折常表现为 M 形塌陷（图 17-2-70），颧弓骨折以颧弓位显示最好。

Ⅲ型：复杂型骨折，可为眼眶-上颌-颧骨联合骨折；可伴一侧或双侧的 Lefort Ⅱ、Ⅲ型骨折；可为颧骨颧弓联合骨折、有颧骨内陷、内外旋转移位。

（五）鼻骨骨折

鼻骨上部窄而厚、下部宽而薄，骨折常发生于中、下部。骨折后可出现鼻部出血、肿胀、鼻移位、塌陷或畸形。如伴有筛骨或颅前凹骨折时，可出现脑脊液鼻漏。

【X 线表现】 鼻骨骨折常采用鼻骨侧位。鼻骨

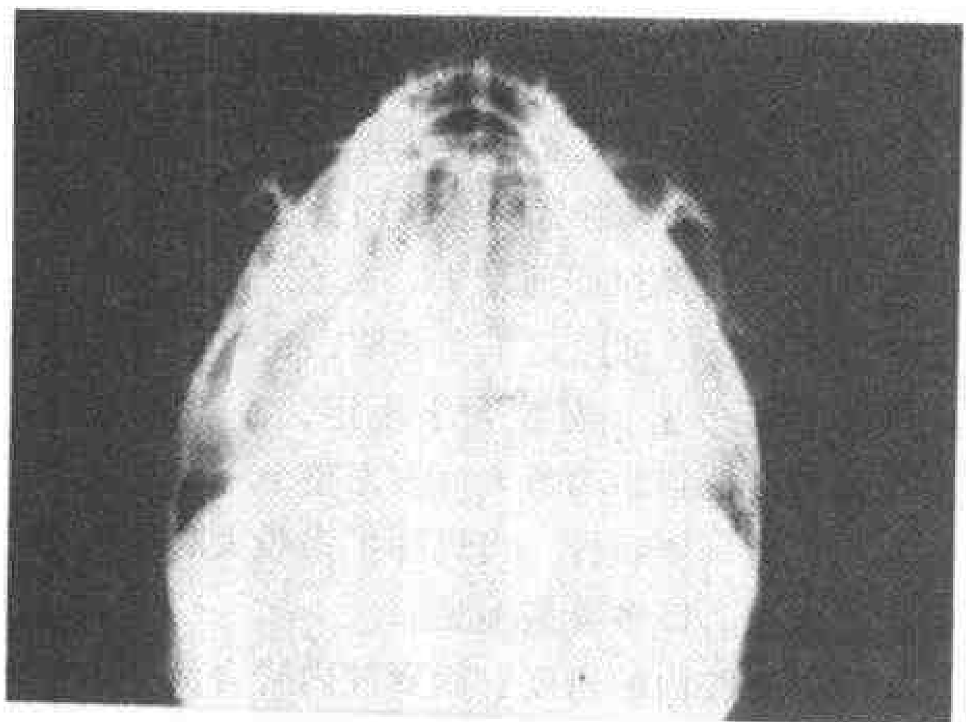


图 17-2-70　左颧弓三线骨折呈M形移位

轴位是将殆片放入口内上、下牙之间咬住，X线中心线向前额垂直投照。可观察左右鼻骨是否对称。鼻骨骨折可单发、也可为双侧，骨折线为横行、斜行或纵行，也可为粉碎性骨折，有明显的塌陷移位(图 17-2-71)。可与上颌骨骨折同时发生，切忌勿将鼻额缝误认为骨折线。鼻骨骨折一般愈合很快。



图 17-2-71　鼻骨骨折

（郑广宁）

第八节　颌骨肿瘤与瘤样病变

颌骨肿瘤与瘤样病变在临床颇常见，而在诊断肿瘤的性质上，常必须借助于X线检查以辨别其是良性或恶性病变，并能确定病变部位范围和邻近组织的关系。发生于颌骨的肿瘤和瘤样病变其病理形态分类很多，除牙源性外，凡发生于全身的任何肿瘤皆可发生于颌面骨，X线征象亦表现复杂多样化。但首要的是应掌握X线诊断的要点。

颌骨肿瘤与瘤样病变具有一般共同的X线征象，其表现如下：

1. 骨质改变　良性病变骨质膨胀畸形，中央为压迫性骨吸收，多呈囊腔状，有单囊或多囊两种表现。多囊者，囊腔之间有细薄的骨隔将其分开，囊腔大小不等，形状可规则，也可不规则。恶性病变呈侵蚀性、溶解性、进行性、广泛性甚至弥散性地破坏，形状不规则。

2. 骨皮质改变　良性病变，如蛋壳状的线状骨壁包绕着病变，细薄的骨皮质有的连续完全，有的部分缺失不完全。如颌骨囊肿常有完整细薄的骨壁。而肿瘤的骨皮质常表现为部分缺损不连续。恶性病变则表现为骨皮质溶解破坏。

3. 病变的边缘　良性病变，边缘清晰锐利，多数与正常骨分界清楚，而恶性病变的边界不整齐，与正常骨分界不清。

4. 病变区的密度　囊肿或囊性肿瘤所致的病变区，因骨吸收后，内含液体或纤维性软组织，在下颌骨则表现为低密度的较均匀的透射影，如发生于上颌骨，往往有上颌窦密度增大的软性包块影。恶性病变骨质破坏不均匀。

5. 颌骨膨胀畸形　多见于良性病变。囊肿可造成颌骨轻度或中度膨大，良性肿瘤常致较明显的不均匀的膨大。恶性病变则多表现骨缺损破坏，甚至病理性骨折。

6. 骨膜反应　良性病变很少有骨膜反应。恶性肿瘤中成骨肉瘤常有呈毛刷状或放射状的骨膜增生。

7. 邻牙的改变　良性病变可使牙移位或扭转，牙根尖吸收，可压迫或推移尚未萌出的牙胚位置不正，萌出困难或不能萌出而埋伏于病变周围的颌骨内，甚至位于病变深部的边缘。有的可包含在病变的囊腔内。恶性病变不仅使牙移位，常因牙根周骨质溶解破坏而使该牙浮游于软组织中，甚至脱落缺失。

8. 颌骨周围软组织的改变　良性病变少有穿破骨皮质形成软组织包块，它随颌骨之膨大而相应的膨出。恶性肿瘤常可见到骨皮质穿破而形成软组织包块，特别是肉瘤更为常见。继发感染可伴有颌周软组织肿胀。

9. 发生于下颌骨者　良性病变可推压下牙槽神经管移位，或显示不清。恶性者常侵蚀下牙槽神经管的管壁骨质，因而显示不清，临床上常有下唇

麻木感。

10. 发生于上颌骨者 除上述特征外，患侧上颌窦扩大或变形，左、右上颌窦腔形状不对称，窦腔密度增大变昏暗，这是因为窦腔为一含气的腔，呈低密度的透射影，有了占位病变密度必然增高，并有上颌窦骨壁改变。良性病变者骨壁呈压迫性吸收或骨壁变更薄。恶性者腔窦轮廓消失，并有广泛的骨壁破坏。

一、颌骨囊肿

颌骨囊肿不是真性肿瘤，而是颌骨内形成病理性囊腔，除少数外、绝大多数的囊腔内壁都有上皮衬里，周围有纤维结缔组织囊壁包绕，内含流体或半流体，如继发感染，则形成脓液。颌骨囊肿的种类甚多，根据其组织来源和发病部位可有以下分类：

牙源性囊肿
- 炎症性
  - 根尖周囊肿
  - 残余囊肿
- 发育性
  - 含牙囊肿
  - 萌出囊肿
  - 牙源性角化囊肿

非牙源性囊肿
- 炎症性
  - 上颌窦粘液囊肿
- 发育性（面裂囊肿）
  - 鼻腭管囊肿
  - 正中囊肿（腭正中囊肿，下颌正中囊肿）
  - 球状上颌囊肿
- 创伤性
  - 血外渗性骨囊肿又名孤立性骨囊肿

【X线检查】 小的囊肿如根尖周囊肿，常用根尖片。较大的囊肿，下颌骨则应用下颌斜侧位，下颌后前位，曲面体层片，下颌颏部最好用颏部和𬌗片。上颌骨的囊肿，则用华特位（枕鼻位）、上颌𬌗片，上颌曲面体层片。如囊肿范围较大累及深部组织，或欲了解囊肿与上颌窦的关系，可采用囊腔造影，配合上颌后前位和侧位体层摄影，以便观察上颌窦壁受压情况，有否骨壁变薄或完全吸收，如累及颞下窝等深部软组织时可用CT和MRI检查。

【X线表现】 各类囊肿内均含囊液，有完全的囊壁，其大体病理相似，故具有下述的一些共同X线征象。

（1）囊腔的形状：多数比较规则，呈圆形或卵圆形，这是因为囊肿皆有囊壁内含囊液，随着囊液的逐渐增多，囊肿逐渐增大，具有一定的膨胀性，压迫骨质吸收。可以是单个囊腔，也可以有多个囊腔，以单囊多见。囊腔大小不定，小者如豌豆粒大，大者可长到如鸡蛋大可占据整个一侧颌骨，甚至累及到另一侧颌骨。当囊肿扩张较大时，可出现形状不规则，以多囊型多见。

（2）囊腔内的密度：因囊腔内皆含流体或半流体，故囊腔内呈现均匀的密度降低区。发生在下颌骨内，则显示为骨质吸收的较均匀的透射度大的黑色影像，可含牙可不含牙。多囊型者，囊腔内有稀少而纤细的略呈弧形的骨隔线。发生于上颌骨较大的囊肿，如囊肿位于上颌的前下部，可累及鼻腔底，可将上颌窦推移向后上。如囊肿位于上颌骨后部及上颌结节区，囊肿可扩张至颞下窝，压迫上颌窦的后壁，常见是造成上颌窦外侧壁吸收，窦腔昏暗密度增大，似有软性包块影，此时囊肿与窦腔之间只有上颌窦粘膜与囊壁相隔，因此显示不出二者之截然界限。

（3）囊肿的边界：边缘清楚整齐而锐利，轮廓鲜明，多数边缘有一致密的连续的线条状的骨壁包绕，膨大的颌骨，则见骨皮质变薄如蛋壳状，但如继发感染，此线状骨壁可因炎症而吸收缺失，或不连续。当囊腔扩张时受各方组织的抗力不均，如遇骨质厚而致密的部分扩张较慢，而骨质较薄且稀疏者扩张较快，故膨胀不均匀，可致形状不规则，边界不整齐，形成分叶或波浪状。

（4）颌骨外形的改变：囊肿较小者，多无颌骨膨大，但随囊肿扩大时，常显示有颌骨膨大，囊肿愈大造成的膨胀畸形愈明显。下颌骨囊肿向周围膨胀时，骨皮质变细薄如线条状，常使下牙槽神经管向下移位。上颌骨囊肿可推压上颌窦，常显示有牙槽嵴或上颌窦外侧壁吸收，致上窦变形或移位，或有牙槽骨弓左、右不对称。

（5）邻牙的改变：多数囊肿不致邻牙移位，只有少数因囊肿扩大显著时，可见有牙移位。牙源性角化囊肿常有牙移位。造成牙根尖吸收者较少见，如有牙根尖吸收亦表现为整齐的吸收。

（一）牙源性囊肿

根尖周囊肿

根尖周囊肿最多见发生于牙周膜及其附近牙槽骨内的牙周上皮剩余，由于慢性炎症刺激引起上皮增生，中心液化而形成囊肿，故皆发生于病灶牙的根尖周。

【X线表现】 以单囊型多见。常见于深龋、残冠、残根或其他原因所致的死髓牙的根端有一形状规则，轮廓清楚，或小或大的圆形、卵圆形的骨质破坏透明区，边缘清晰锐利，病原牙的根尖伸入囊腔，该牙的牙周膜间隙及骨硬板消失。由于囊肿生长缓慢，周围骨质受到长期的刺激，故在囊肿边缘形成一薄层致密的骨壁线。但多数因继发感染，此致密的骨白线可消失。囊肿增长较大时，可造成颌骨轻度膨隆畸形。小囊肿一般不引起颌骨膨大，往往全凭X线诊断（图17-2-72）。

【鉴别诊断】 小的根尖周囊肿，主要应与根尖肉芽肿和根尖脓肿区别。根尖周囊肿的形态规则，囊腔内密度低而且均匀，境界清楚，有的可见有细线条状的骨白线。根尖肉芽肿虽然形状较规则，但密度呈软组织性的透明影且不均匀。根尖脓肿骨破坏区形状不规则，密度不均匀，边缘不整齐。较大的根尖周囊肿因有明确的病灶牙，可与其他囊肿区别。

残余囊肿

残余囊肿通常是在根尖肉芽肿拔牙后未作恰当处理残留在颌骨内的上皮剩余而发生的。

【X线表现】 在拔牙后的牙槽窝处的颌骨内呈现形态规则的圆形或类圆形的囊腔，皆为单囊（图17-2-73）。

含牙囊肿

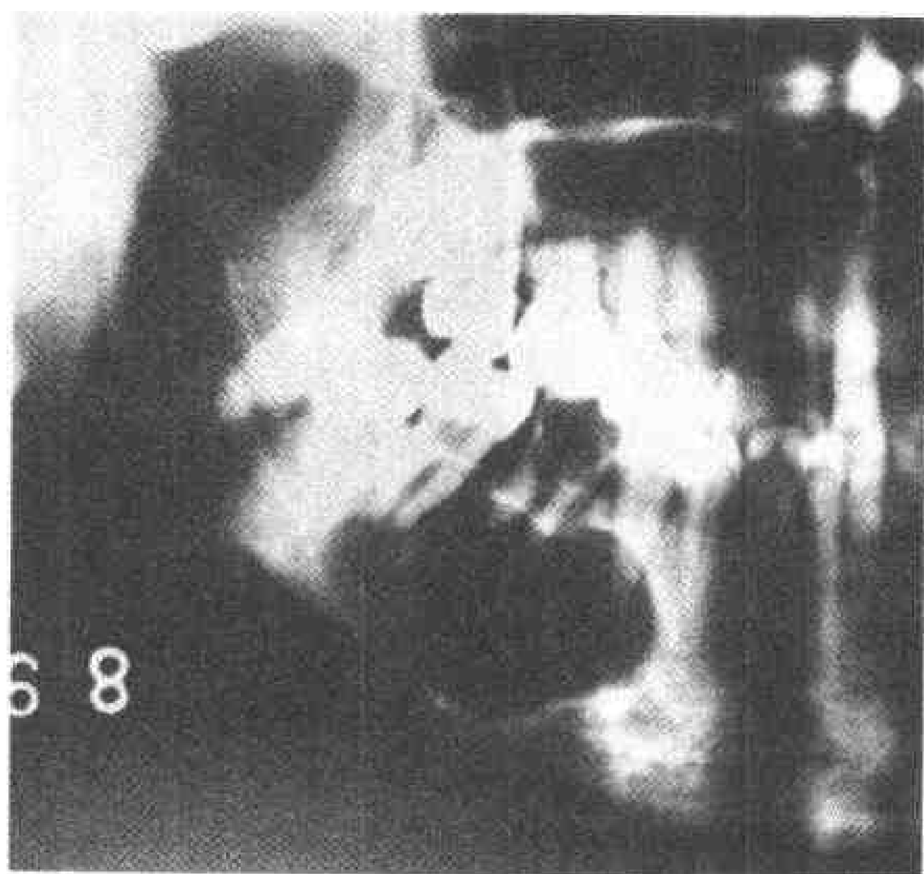


图17-2-72　根尖周囊肿
于⌈6残冠的根尖周有一卵圆形的囊腔界限清楚，前至‾5的近中，后达⌈7的远中根尖部

含牙囊肿又称滤泡囊肿可发生于上、下颌骨的任何部位，但最常见的是下颌骨第三磨牙区和下颌角部，其他依次为上颌单尖牙、上颌第三磨牙和下颌前磨牙区。可发生于任何年龄，但最多见于20～40岁。

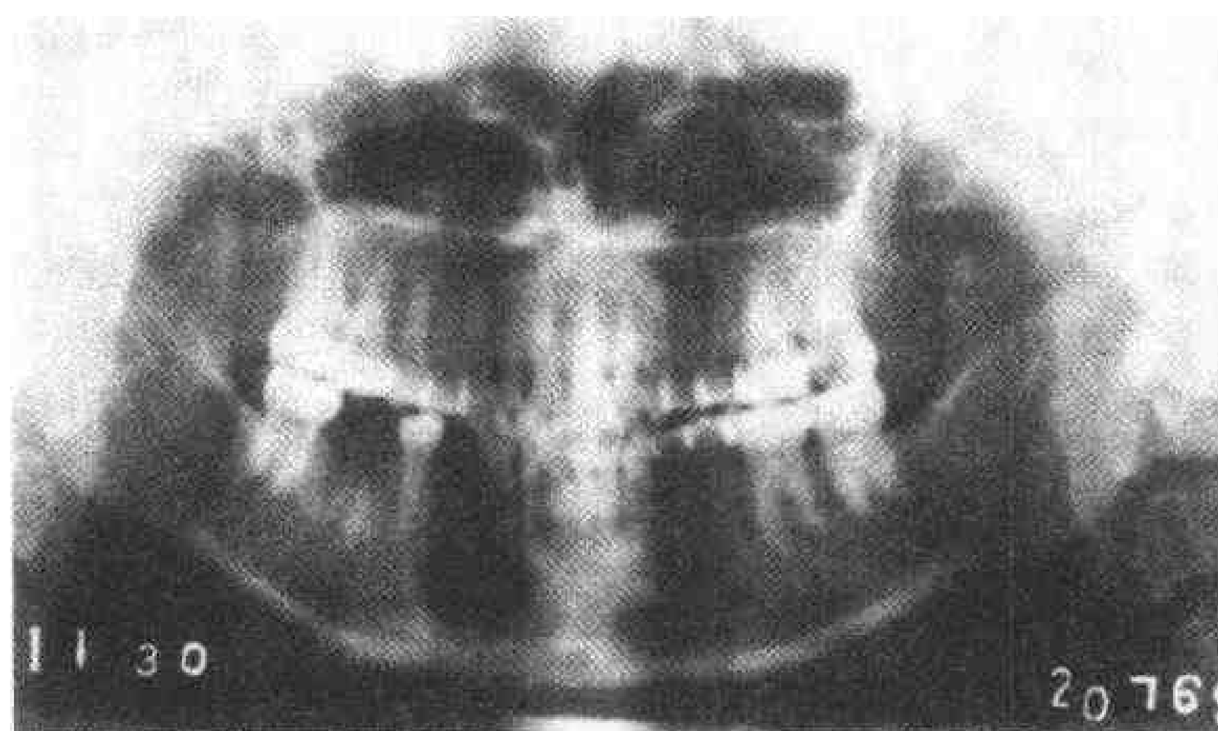
【X线表现】 单囊型多见，亦可为多囊。囊腔形状可较规则，也有不规则者。囊腔内可含各个发育不同时期的牙。此未萌出之牙多位于囊腔的深部边缘，牙冠向着囊腔，囊壁通常连接于牙冠与牙根交界处。有时因投照角度不同的原因，则可见似整个牙有扭转包含在囊腔中。所含牙多为恒牙或埋伏的多生牙。多囊型者，呈多个大小相近的囊腔交叉重叠（图17-2-74）。



(1)



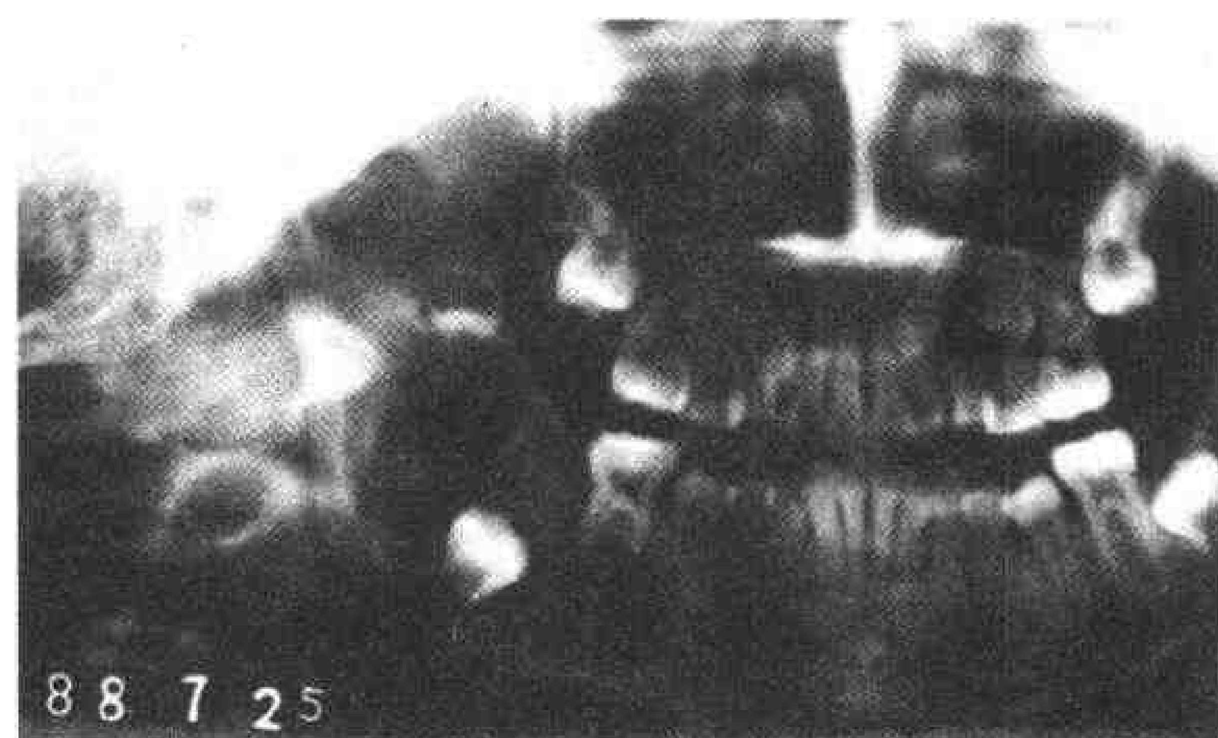
(2)



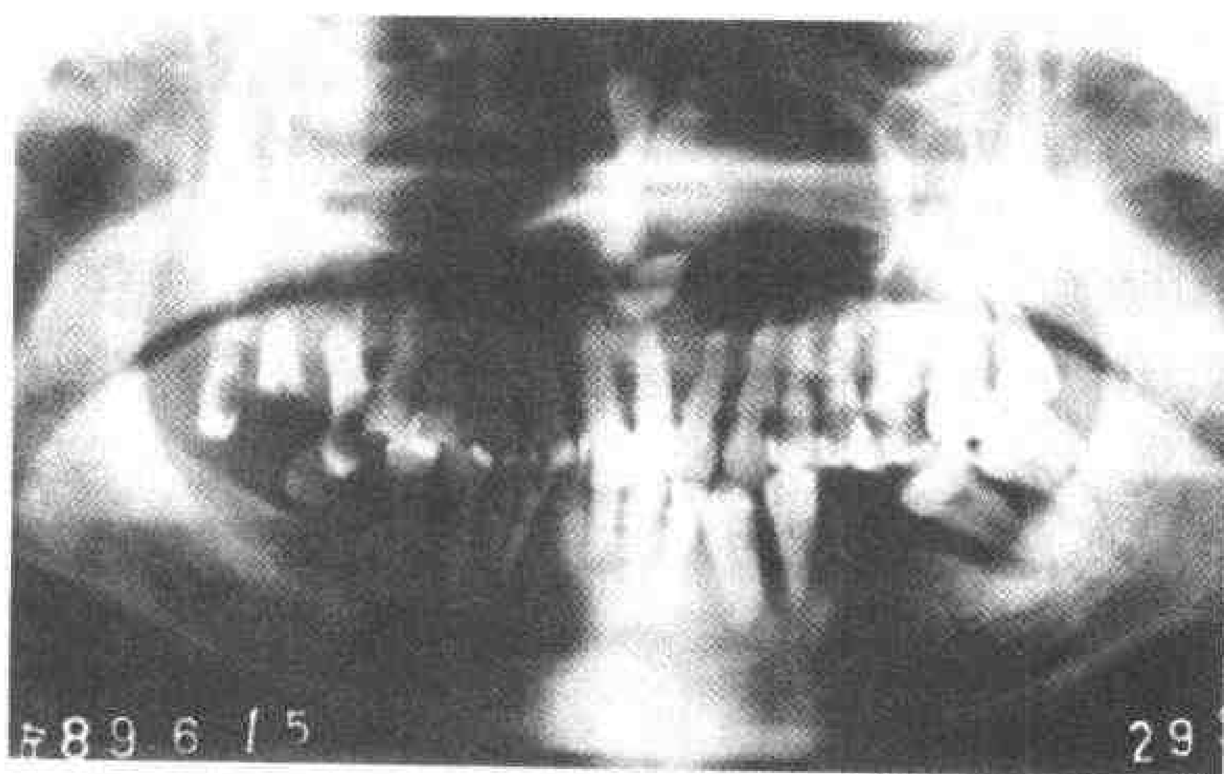
(3)

图 17-2-73 残余囊肿

(1) 6|缺失，其根尖下有一卵圆形囊性病变，舌骨重叠于后份；(2) $\overline{765|}$缺失，该区根尖下有一囊性病变内有一残根、$\overline{8|}$前倾阻生；(3) |4缺失根尖下有一残余囊肿、4|根尖周囊肿



(1)



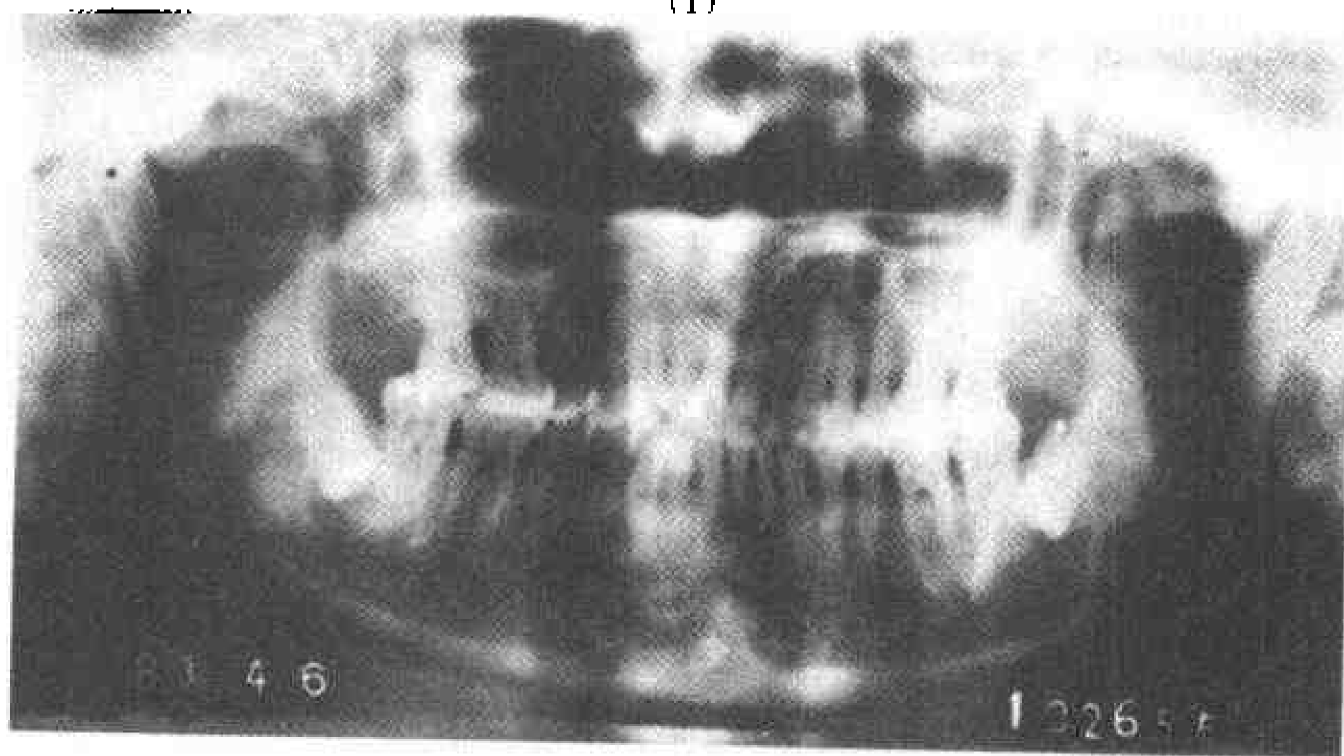
(2)

图 17-2-74　含牙囊肿

(1) 左下颌支部含牙囊肿$\overline{|7}$位于囊腔下缘近下颌角处，$\overline{|8}$位于喙突区囊内有一液面；(2) 右上颌含牙囊肿 $\underline{6—1|}$根尖区有一圆形单囊的病损区，内含多余牙



(1)



(2)

图 17-2-75　萌出囊肿

(1) 右下颌斜侧位，$\overline{8|}$阻生，冠部有一囊肿；(2) 曲面体层片$\overline{8|8}$阻生，冠部各有一囊肿

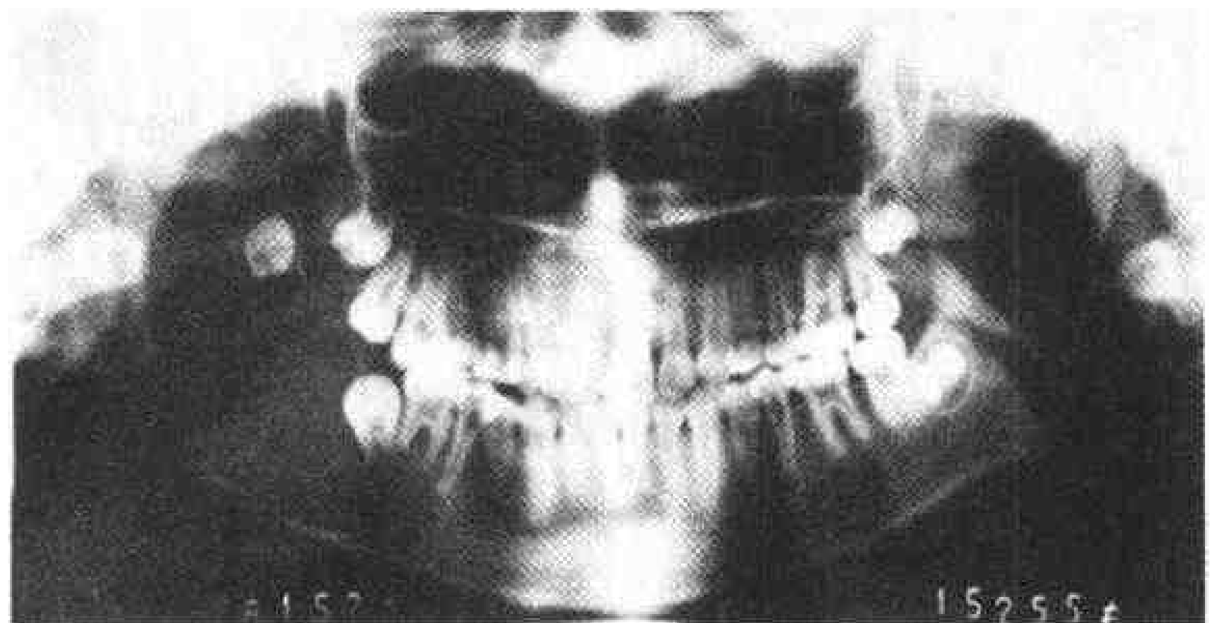
发生于上颌后牙区的含牙囊肿，常扩展至上颌窦，所含牙位于上颌窦的后上部。如累及颞下窝可作囊腔造影或CT等进一步确定其范围(图17-2-8)。

【鉴别诊断】 以其具有特征性的含牙可与其他囊肿区别。如囊肿扩张过大，可使邻牙移位或牙胚位置不正，不易与成釉细胞瘤区别。

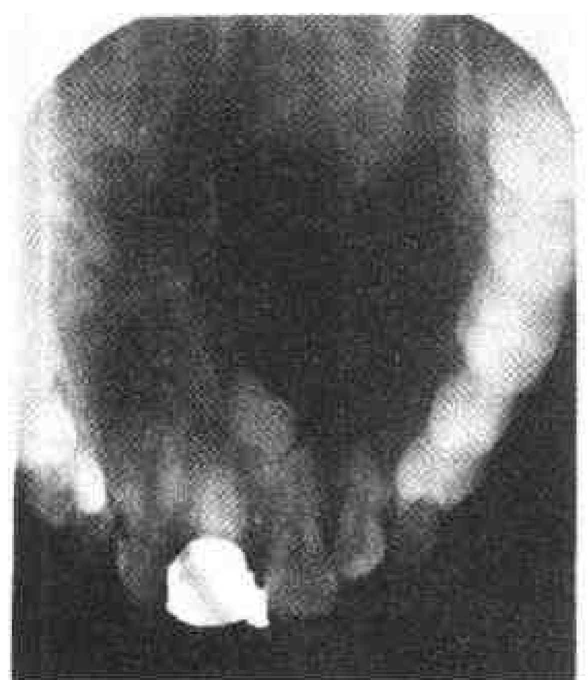
萌出囊肿

萌出囊肿是指一个正在萌出的乳牙或恒牙的牙冠部，缩余釉上皮与釉质之间因液体潴留而成的囊肿。囊腔内含有清亮液体或血性液体，衬里为缩余釉上皮。

【X线表现】 常见于一个正在萌出的乳牙或恒牙的牙冠部顶着一圆形或半圆形的囊腔，边界清楚，有细薄的骨壁线，如部分萌出牙槽骨，则上缘的细薄骨壁线消失；如完全包埋于颌骨内，则常可见有完全的骨壁线（图17-2-75)。



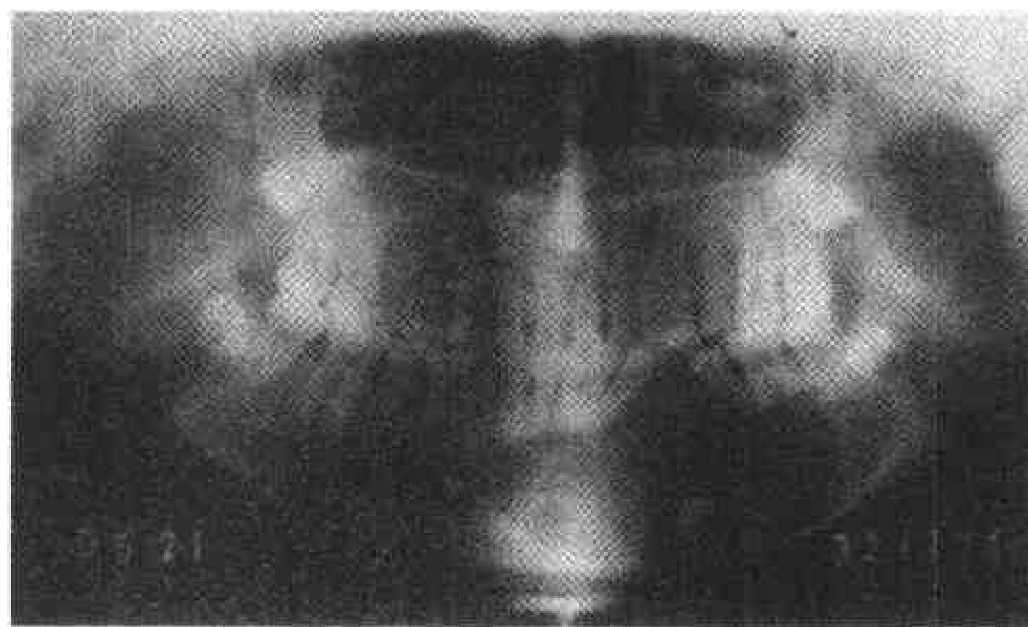
(1)



(2)



(3)



(4)

图17-2-76 单囊型角化囊肿

牙源性角化囊肿

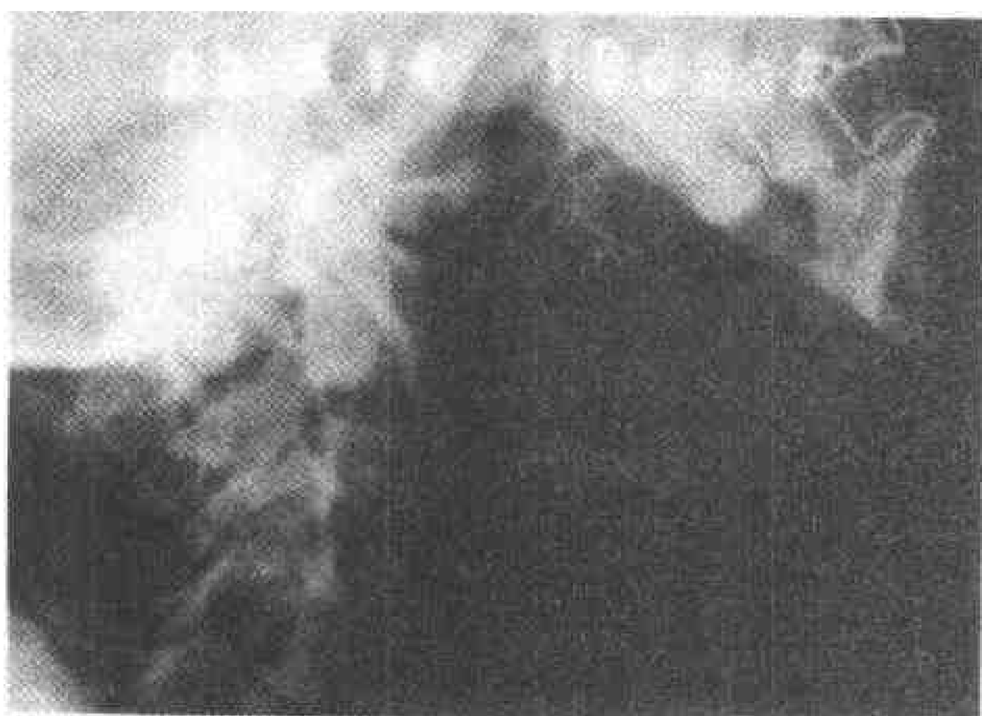
牙源性角化囊肿可发生于任何年龄，但以20～30岁年龄组多见。男性多于女性。有单发和多发，据统计约10%的病例具有多发性。由于其具有特征性病理改变和复发率较高，作为独立的囊肿病变仅20多年历史，属颌骨发育性囊肿。关于牙源性角化囊肿和始基囊肿是否为同一囊肿，意见尚不统一。目前多数学者，包括世界卫生组织（WHO）1992年的牙源性肿瘤组织学分类，均认为两者为同义词。大体观，此囊肿为单囊或多囊，囊内含有黄白发亮的片状角化物或奶酪样物质，囊壁较薄，衬以无上皮钉突的角化复层鳞状上皮，有的上皮增生活跃，呈不典型增生，纤维囊壁内见有牙源性上皮岛和微小子囊或卫星囊。

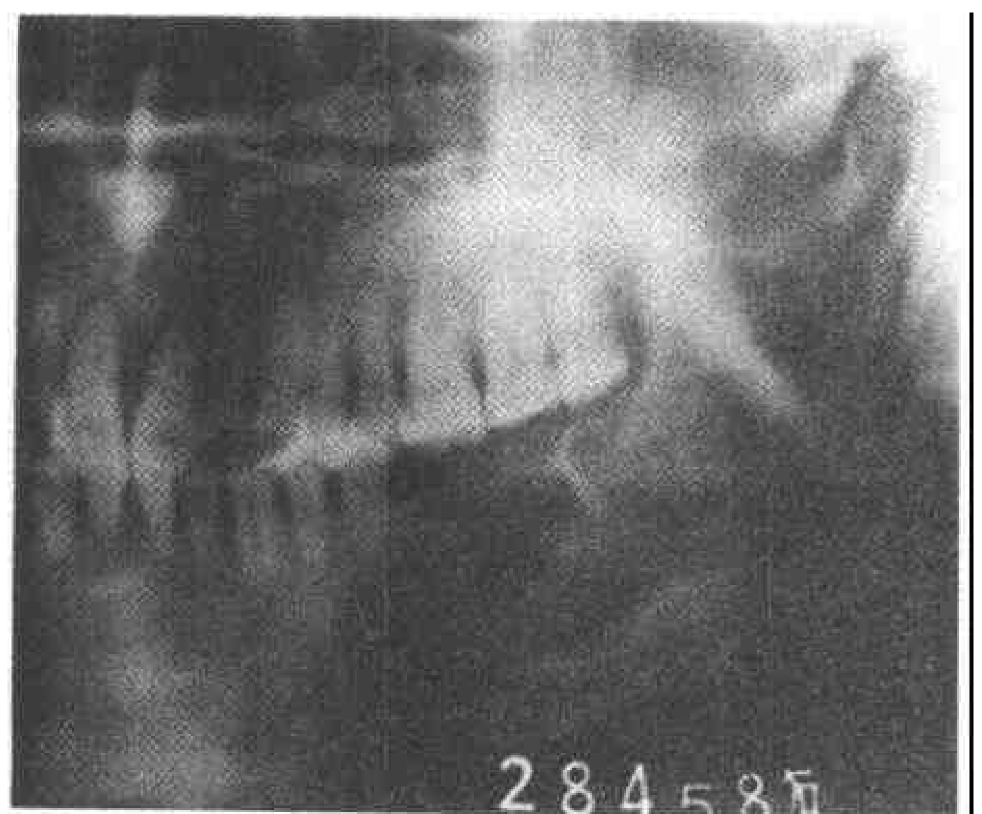
【X线表现】 下颌较上颌多见。可发生于颌骨任何部位，但以下颌升支及角部和第三磨牙区多见。可为单囊也可为多囊，以单囊为多见。囊肿形状可规则，如扩张增大时形状可不规则，发生于下颌角部的囊肿，常向上扩张累及整个下颌升支，甚至达喙突。向前可累及整个下颌骨体，甚至超越中线。囊腔沿下颌骨长轴扩张的范围和程度比重于向颊舌侧膨出，但它有向颊舌侧膨胀趋势，可致颌骨中度膨胀畸形，膨胀变细薄的骨皮质多数连续完整，也有少数病例可穿破部分骨皮质，因而表现出骨白线不连续有部分缺损。有的骨皮质光滑平整，有的不光滑呈分叶或切迹状。囊腔内可含牙也可不含牙，不含牙者有的称为始基囊肿（图17-2-76(1)～(4)）。多囊型者，囊腔内可见多少不等的呈弧形的纤细的骨隔，囊腔大小悬殊不显著。角化囊肿易继发感染，囊内多呈较均匀的低密度的透明影，如伴感染，则囊腔内可显示一液平面（图17-2-77(1)(2)）。

发生于上颌骨者，以第一磨牙后区多见，常见扩张致上颌窦，显示颧牙槽嵴和上颌窦外侧骨壁压迫吸收，上颌窦密度增高变昏暗，不易与其他肿瘤区别，可借助𬌗片或曲面体层片以资鉴别。向后可累及上颌结节区，甚至可达颞下窝。牙源性角化囊肿较其他囊肿更多见有牙移位，牙根尖往往呈斜形吸收（图17-2-76（2））。

多发性牙源性角化囊肿，不仅见到上、下颌骨皆有多个囊腔，同时伴有分叉肋、颅骨异常、蝶鞍韧带钙化、脑镰钙化，脊柱畸形等。临床合并有皮肤痣样基底细胞癌，钙、磷代谢异常，患者较年轻，常有家族遗传史，此称为肋骨分叉-基底细胞痣-颌骨囊肿综合征（bifid rib-basal cell nevus-jaw cyst syndrome）（图17-2-78(1)～(3)）。如图17-2-78病例最后因基底细胞痣恶化不治而死亡。

【鉴别诊断】 主要难与含牙囊肿和牙源性囊性肿瘤区别。含牙囊肿形态较规则，边缘较平滑，而角化囊肿形态多不规则，常沿下颌骨长轴发展，有向颊、舌侧膨胀的表现，且变薄的骨皮质边缘可不光滑多呈波浪状或分叶状，常有牙移位和根尖斜形吸收可与含牙囊肿区别。多囊型角化囊肿各囊腔大小相差不大，且各分隔排列较规律多呈弧形，可累及部分牙槽骨致牙移位但边界仍可见细薄的骨壁线，因此可与成釉细胞瘤区别。如图17-2-77（2）病例，当初临床和X线皆诊断为成釉细胞瘤，而术后病理确诊为角化囊肿。

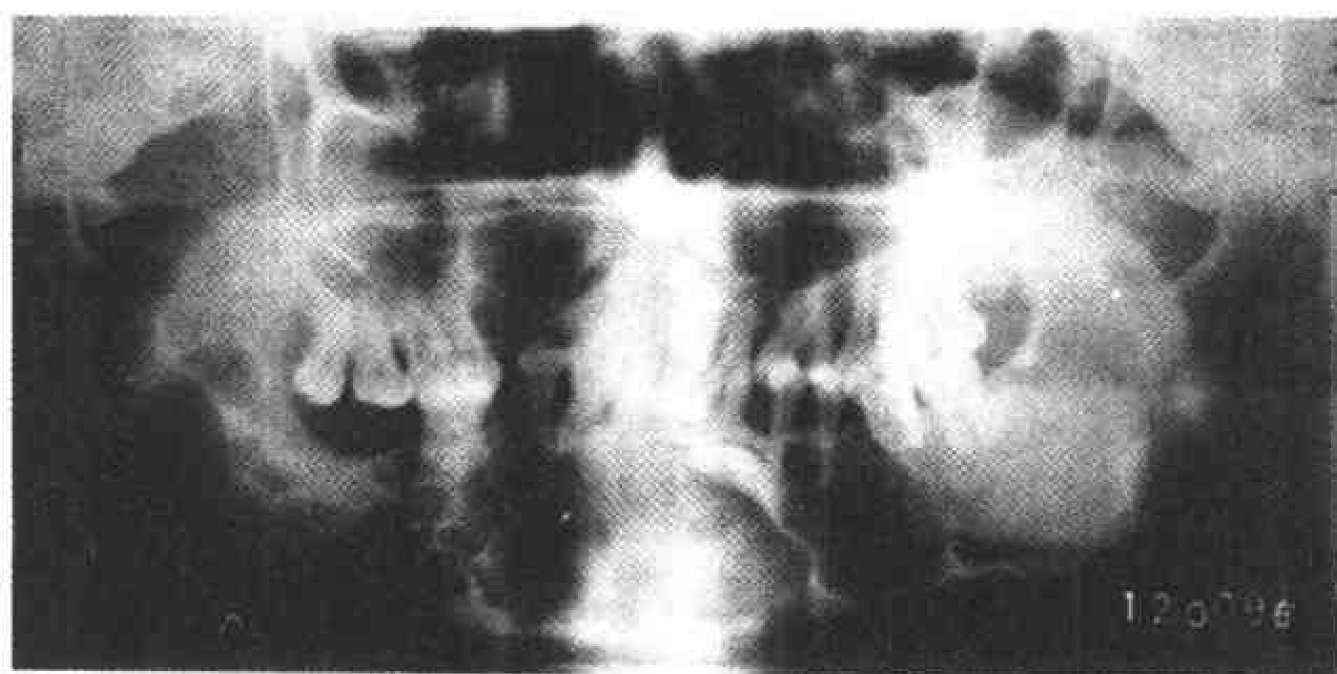

(1)



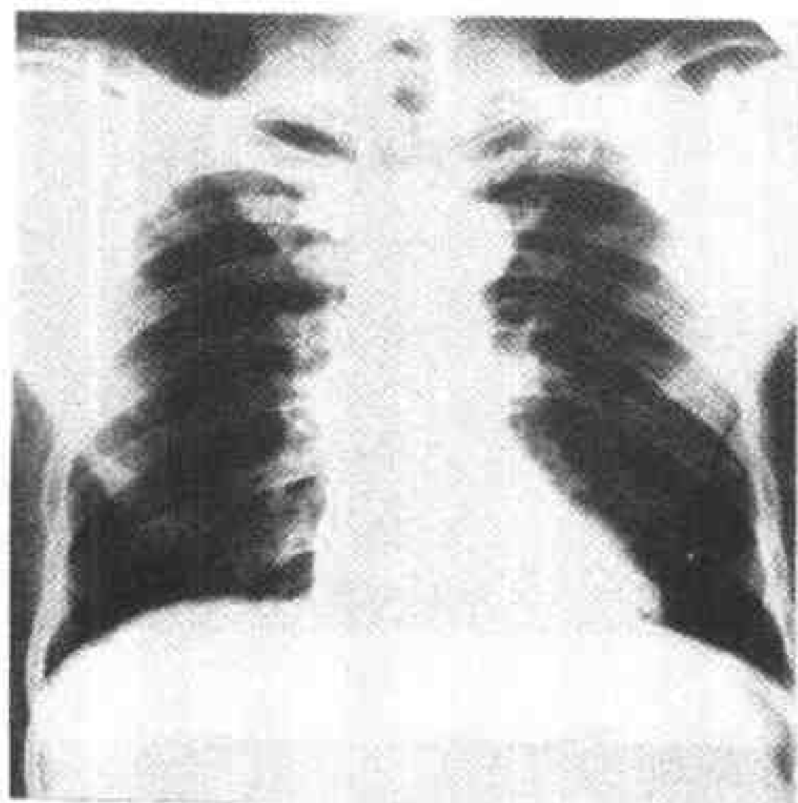
(2)

图17-2-77　多囊型角化囊肿

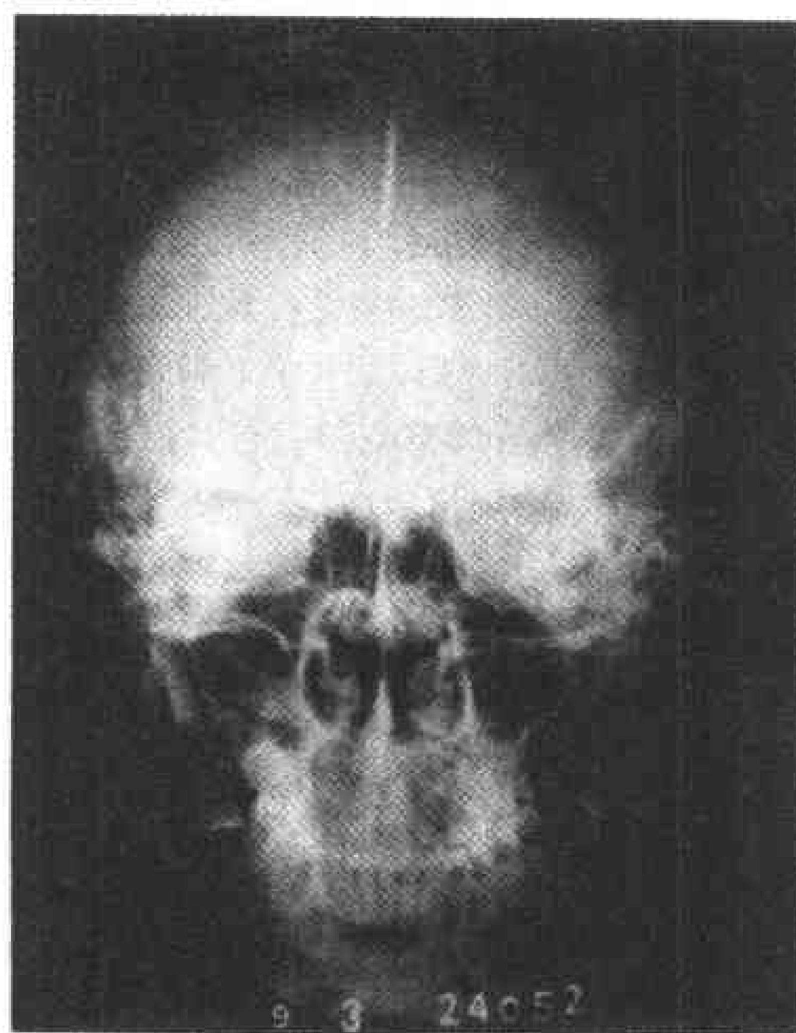
角化囊肿X线表现多样，单凭X线征象不易与含牙囊肿和其他牙源性囊性肿瘤区别，最后诊



(1)



(2)



(3)

图 17-2-78 多发性牙源性角化囊肿
(1) 曲面体层片 左右下颌骨有多个囊腔，左、右上颌结节区各有一囊肿；
(2)胸片 右第五肋为分叉肋；(3)颅骨正位 正中可见大脑镰钙化，此
为同一患者，男性 19 岁，最后因面部多发性基底细胞痣恶变而死亡

断，应配合其他检查及病理检查方能确诊，如为多发则容易确诊。此囊肿复发率高，术后应定期 X 线摄片复查。

(二) 非牙源性囊肿

鼻腭管囊肿

鼻腭管囊肿又称切牙管囊肿。来源于切牙管的残余上皮。

【X线表现】 囊肿位于上颌骨中线、左右中切牙的牙根之间，多为单囊，或见切牙管扩大的囊肿影像，形似鸡心样境界清楚的透明影，常将两中切牙的牙根向远中推移，但牙根的骨硬板和牙周膜间隙连续不断(图 17-2-79)。以上颌前部𬌗片显示最好。

正中囊肿

正中囊肿发生于上颌者称腭正中囊肿来自上颌腭突融合线内上皮残余。也有发生于下颌正中者，但极少见。

【X线表现】 在上颌前部𬌗片上可见位于硬腭中线处，在两中切牙根尖与鼻底之间，呈圆形单囊，边界清楚，轮廓鲜明，与牙无关。当囊肿扩张很大时侵及切牙孔，则不易与切牙管囊肿区别(图 17-2-

80)。

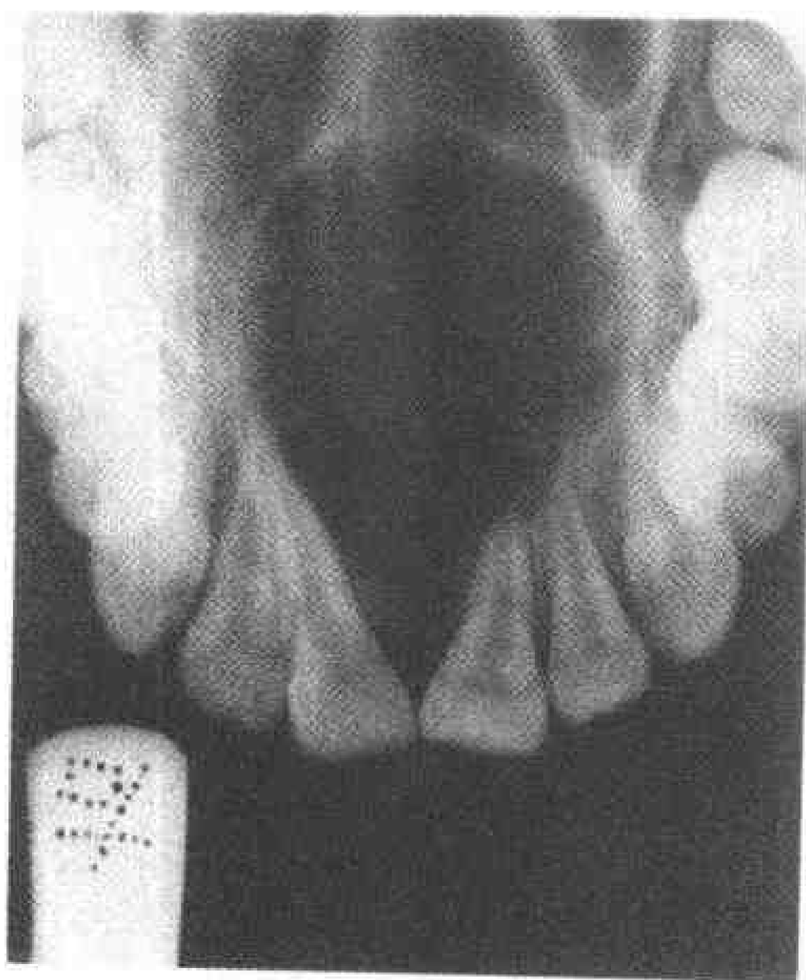


图 17-2-79 鼻腭管囊肿（上颌𬌗片）

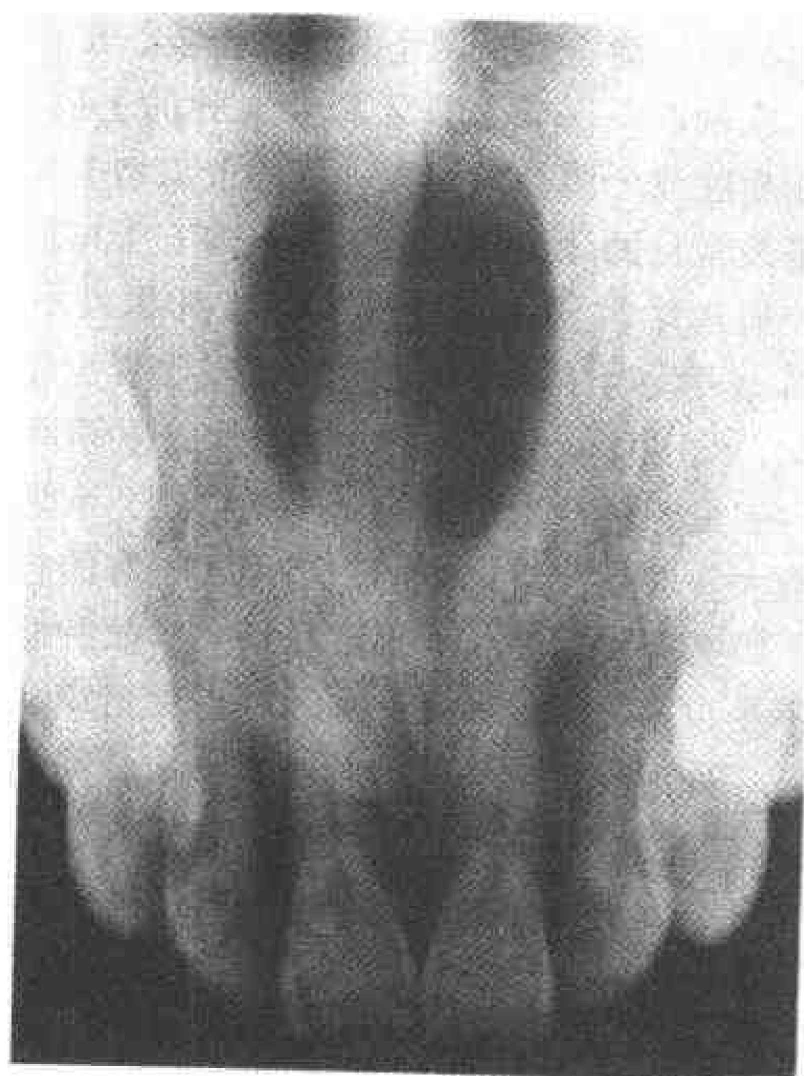


图 17-2-80 腭正中囊肿（上颌𬌗片）

下颌正中囊肿应在下颌颏部𬌗片上位于下颌正中联合处显示似卵圆形的囊肿。

球状上颌囊肿

球状上颌囊肿来自上颌突与中鼻突的球状突融合线内的上皮残余。

【X线表现】 常见于上侧切牙和单尖牙的根尖区，显示为境界清楚的倒置呈梨形的透明区，以单囊为多见。囊肿较大者可推移侧切牙和单尖牙的牙根移位而分开，或压迫根尖有轻度整齐吸收（图17-2-81）。

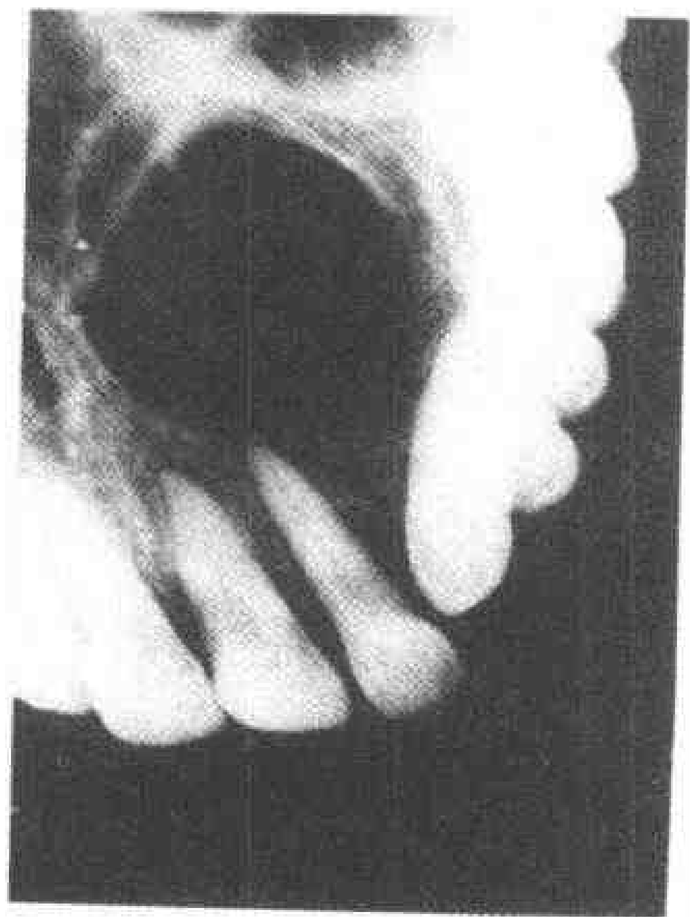


图 17-2-81 球上颌囊肿

血外渗性囊肿

血外渗性囊肿又名孤立性骨囊肿，较少见，可能由创伤所致，故无上皮衬里，仅有一层纤维组织．故X线片则表现呈囊肿边界清楚，但边缘不光滑，亦无细薄的骨白线（图17-2-82）。



图 17-2-82 血外渗性囊肿（右下颌支斜侧位）

上颌窦粘液囊肿

上颌窦粘液囊肿较多见，乃由于慢性炎症所致。于鼻颏位片上，可见上颌窦下部有边界非常清楚、呈球形或半圆形突起之密度均匀的软性包块影（图17-2-83）。但要注意与鼻翼肥大者的重叠影像区别。

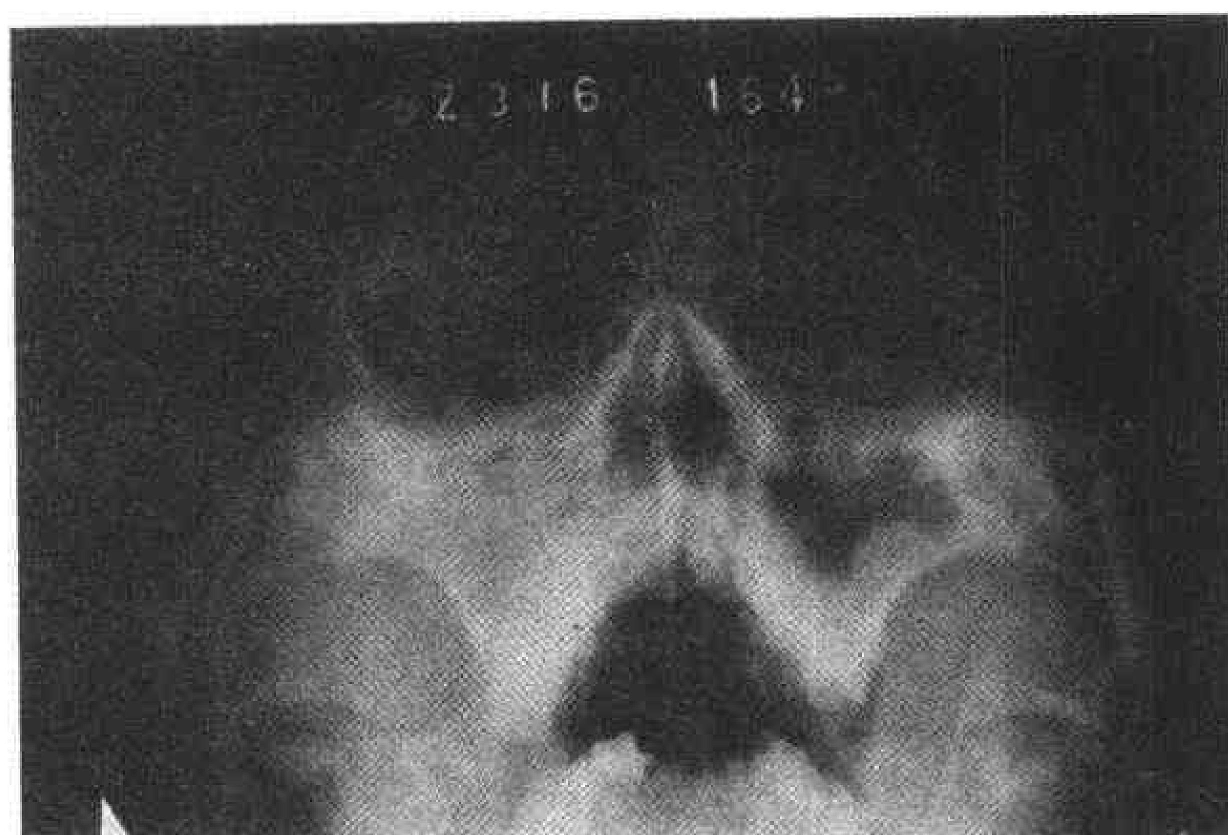


图 17-2-83 右上颌窦粘液囊肿（华特位）
左上颌窦慢性炎症

二、牙源性肿瘤和肿瘤样病变

牙源性肿瘤是由牙源性上皮、牙源性间叶组织或两者共同发生的一组肿瘤。它包括真性肿瘤和瘤样病变。其分类见下表：

上皮性牙源性肿瘤
　良性：成釉细胞瘤
　　牙源性腺样瘤
　　牙源性钙化囊肿
　　牙源性钙化上皮瘤（Pindborg 瘤）
　　牙源性鳞状细胞瘤
　　牙源性透明细胞瘤
　恶性：成釉细胞癌
间叶性牙源性肿瘤
　良性：牙源性粘液瘤
　　牙源性纤维瘤
　　良性成牙骨质细胞瘤（真性牙骨质瘤）
　　牙骨质化纤维瘤
　　牙本质瘤
混合性牙源性肿瘤
　良性：成釉细胞纤维瘤
　　成釉细胞牙瘤
　　牙瘤　混合性牙瘤
　　　组合性牙瘤
　恶性：成釉细胞纤维肉瘤
　　成釉细胞纤维牙肉瘤
非肿瘤性病变
　根尖周牙骨质异常增生
　巨大型牙骨质瘤（家族性多发性牙骨质瘤）

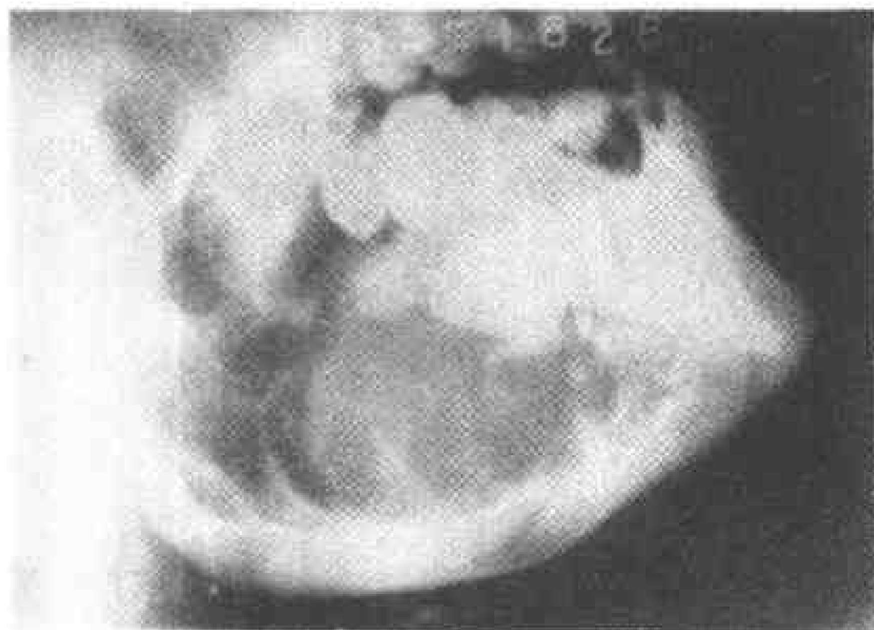
（一）成釉细胞瘤

成釉细胞瘤主要来源于牙源性上皮，即残余的牙板、成釉器；部分来自牙源性囊肿的上皮衬里，如含牙囊肿或牙源性角化囊肿等的上皮增生发展成的。是最常见的牙源性肿瘤。据国内 6 个口腔医学院口腔病理学教研室统计资料，占牙源性肿瘤的 59.3%。可发生于老人及小儿，多发于青少年，男多于女，约 80% 发生于下颌骨。而以下颌磨牙及升支区多见。肿瘤大小不等，小如樱桃，大者可至柑柚般大。肿瘤多有结缔组织包膜，但有的包膜不完整。因其有出芽生长，形成小子瘤，故肿瘤表面凹凸不平，并具有侵蚀性，侵及邻近骨组织，骨质吸收破坏处形成囊性，部分骨小梁形成骨间隔，成为多囊性改变。大体剖面可为囊性和实性，两者同时存在者，称混合型最多见。实性部分为灰白色软组织，囊性变中含少量液体。此肿瘤生长较慢，为膨胀性增生长大形成包块，肿瘤越大致颌骨膨大畸性越重，骨皮质变薄甚至部分骨皮质吸收缺失。

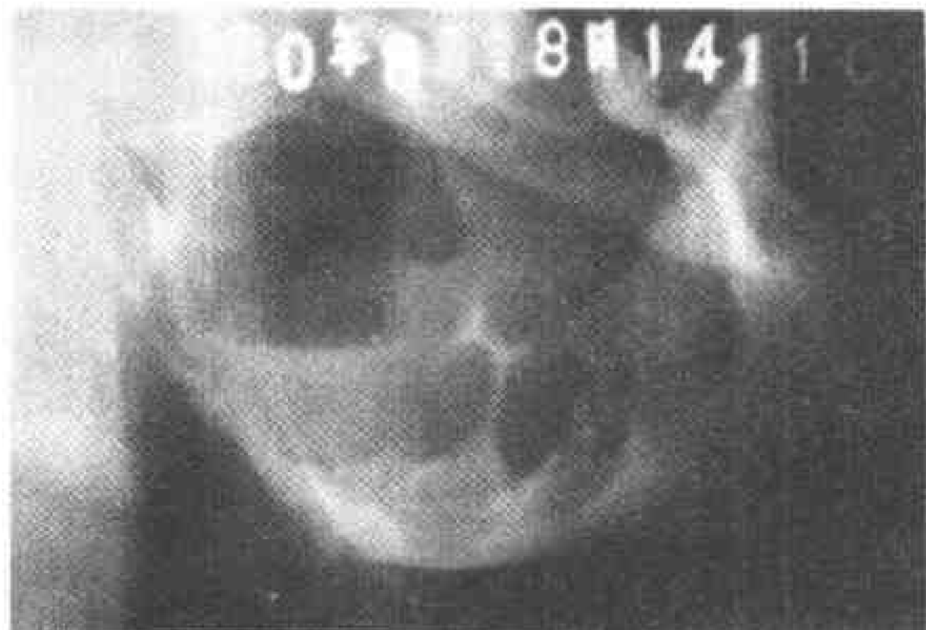
【X 线表现】 成釉细胞瘤的 X 线征象多样化，可分为以下数型：

1. 多囊型　最多见，颌骨中央正常骨结构消失，显示为多数大小不等，成群排列互相重叠的多个囊腔，囊腔大小悬殊颇大。囊腔多呈圆形或卵圆形。囊腔内呈不均匀的软组织密度。囊腔与囊腔之间有粗细不匀的骨隔或为纤维性间隔，多呈弧形排列较

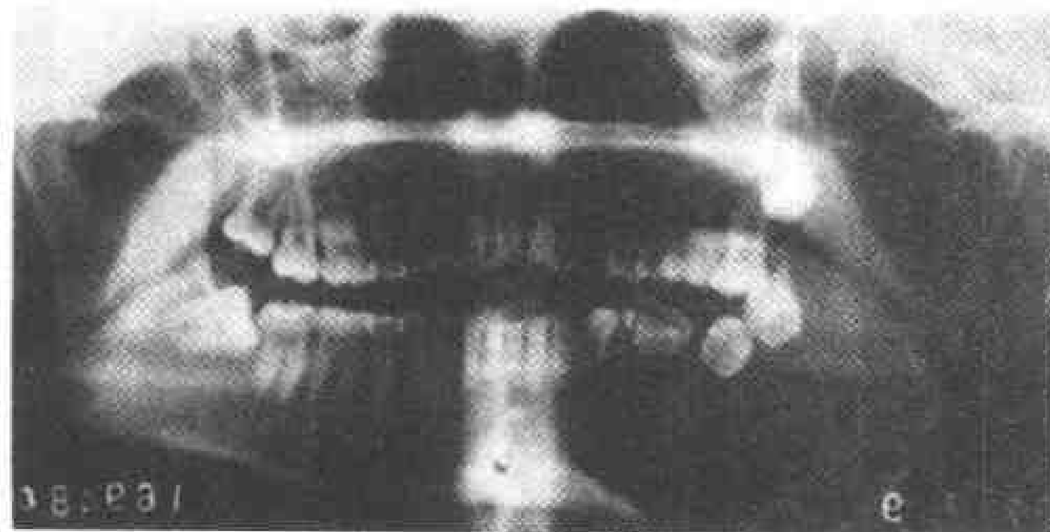
有规律，有时在囊腔相互重叠部分形似新月状，肿瘤内可含牙也可不含牙。含牙者多为发育不同阶段的牙，有的仅有牙冠，有的牙根已大部形成。肿瘤增生长大，颌骨皆有膨胀畸形，膨胀程度有轻有重，严重者骨皮质变薄如蛋壳状，X线显示为在肿瘤边缘有细线条状的骨白线。膨胀不仅顺颌骨长轴扩张同时向颊舌侧膨胀明显。病变边界因有变薄的骨皮质而显示清楚，但不光滑，常呈切迹状或分叶状，轻者呈波浪状，特别是骨皮质内壁不光滑、于分叶状处表现有致密的三角形的舌状嵴。常有部分骨壁缺损，尤以牙槽骨端的骨壁往往被吸收，牙槽突破坏，故在此部分无细薄的骨白线，这是与颌骨囊肿鉴别的重要点。因肿瘤增大，可推压邻牙松动移位，甚至脱离而缺失，牙根尖多呈锯齿状或截断状吸收。有些病例



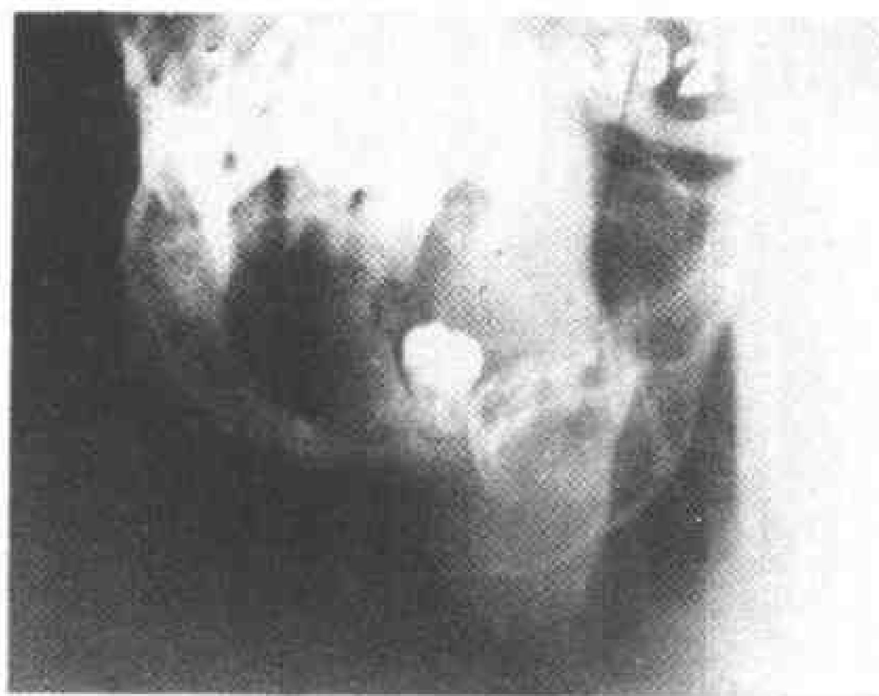
(1) 左下颌斜侧位



(2) 左下颌斜侧位



(3) 曲面体层片



(4) 右下颌斜侧位

图 17-2-84　多囊型成釉细胞瘤

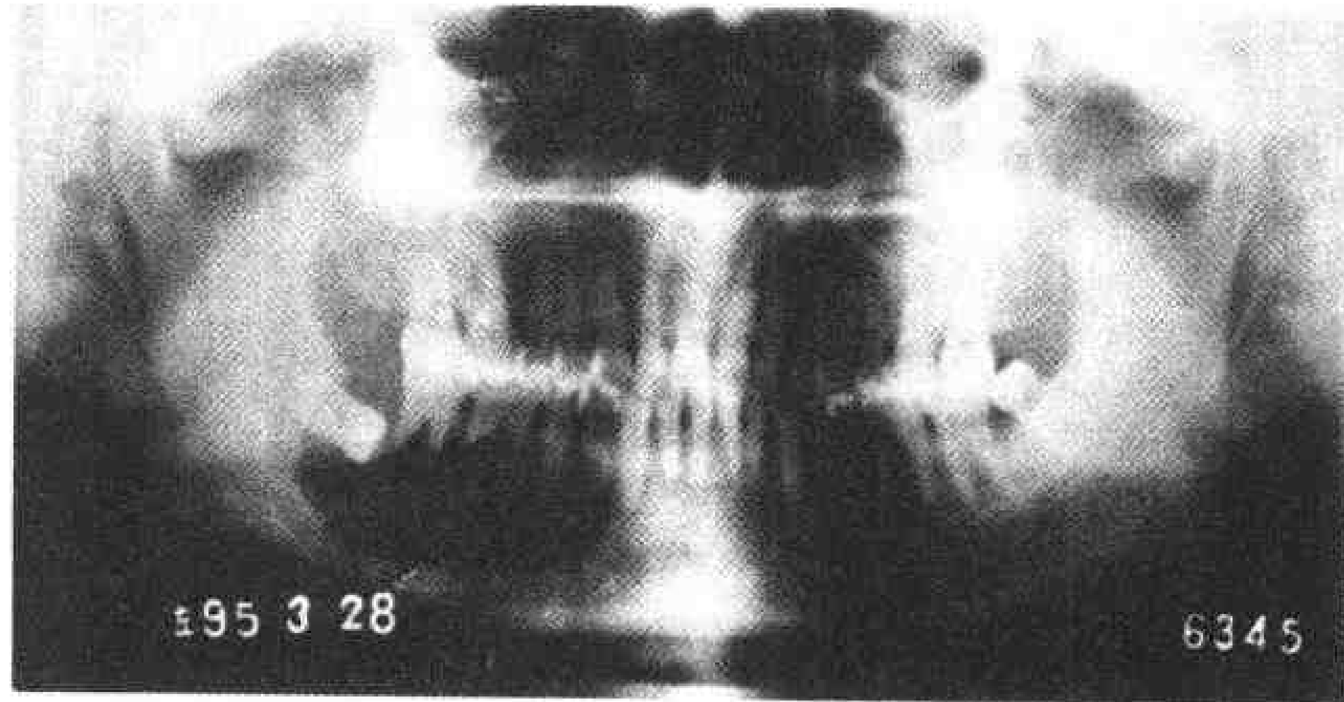
(1) 斜侧位　左下颌支从乙状切迹至 ⌉4 区呈多囊性改变，有多数呈弧形的骨隔。上部牙槽骨破坏 67⌉ 移位明显，下缘边界呈切迹状，部分骨有增厚，并有多个突向囊内的舌形嵴；(2) 左下颌斜侧位　左下颌支及体呈多囊状改变，颌骨显著膨大，喙突及下颌支前部和牙槽突骨皆已吸收，⌉345678 均已缺失，下缘呈波浪状。多处舌形骨嵴。于下颌升支区可见液平面。系多囊型成釉细胞瘤伴感染；(3) 全景片　左下颌支及体呈多囊性改变，颌骨膨胀较显著 678 移位明显；(4) 右下颌斜侧位　升支及体呈多囊性改变，颌骨膨大。8 埋伏于病变区的下分

可见肿瘤部分边缘骨质增生，被认为是因继发感染所致骨质硬化（图 17-2-84(1)～(4)）。

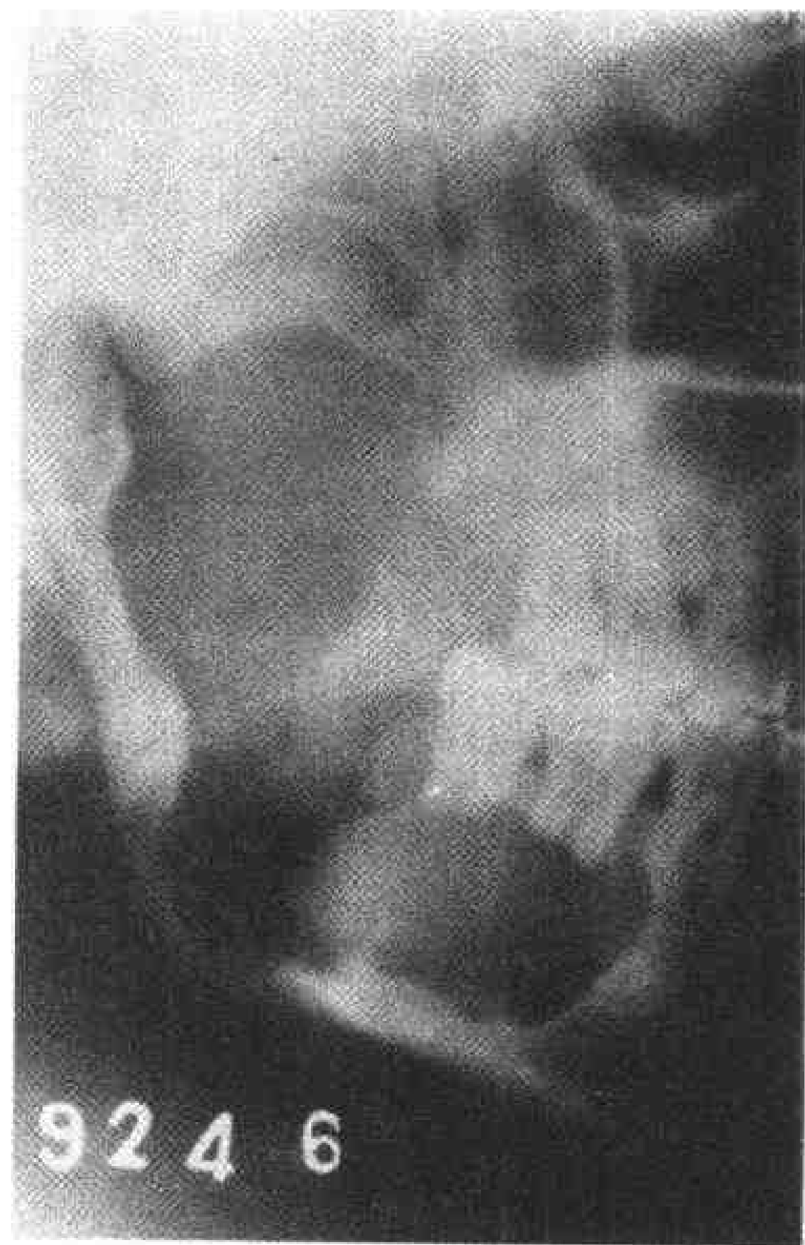
鉴别诊断：主要应与颌骨多囊性囊肿区别。囊肿的形状较规则，各囊腔大小悬殊不大，囊腔的骨隔较稀少，且细而匀，囊腔透明度（密度）均匀，造成颌骨颊舌向膨胀不如成釉细胞瘤严重。囊肿边缘细薄的骨壁线完整而且较光滑，少有出现分叶状。偶见牙根尖有整齐的吸收。

此外尚应与牙源性粘液瘤，骨化纤维瘤等区别。应结合临床和病理检查，最后作出结论。

2. 单囊型　较少见。呈单个形状较规则的囊腔，似圆形或卵圆形，囊腔内密度不均匀的投射



(1)



(2)

图 17-2-85　左下颌单囊型成釉细胞瘤

(1) 曲面体层片|4—8根尖区有一似卵圆形的单囊状病变。|67根尖不规则吸收。病变下缘不平滑，有轻度呈波浪状。有小的舌形嵴。|78近中水平阻生于囊腔内；
(2) 曲面体层片　左下颌升支及角部单囊型成釉细胞瘤。边缘呈切迹状，不平滑，78 根尖不均匀吸收、乙状切迹喙突及升支前缘骨壁皆吸收

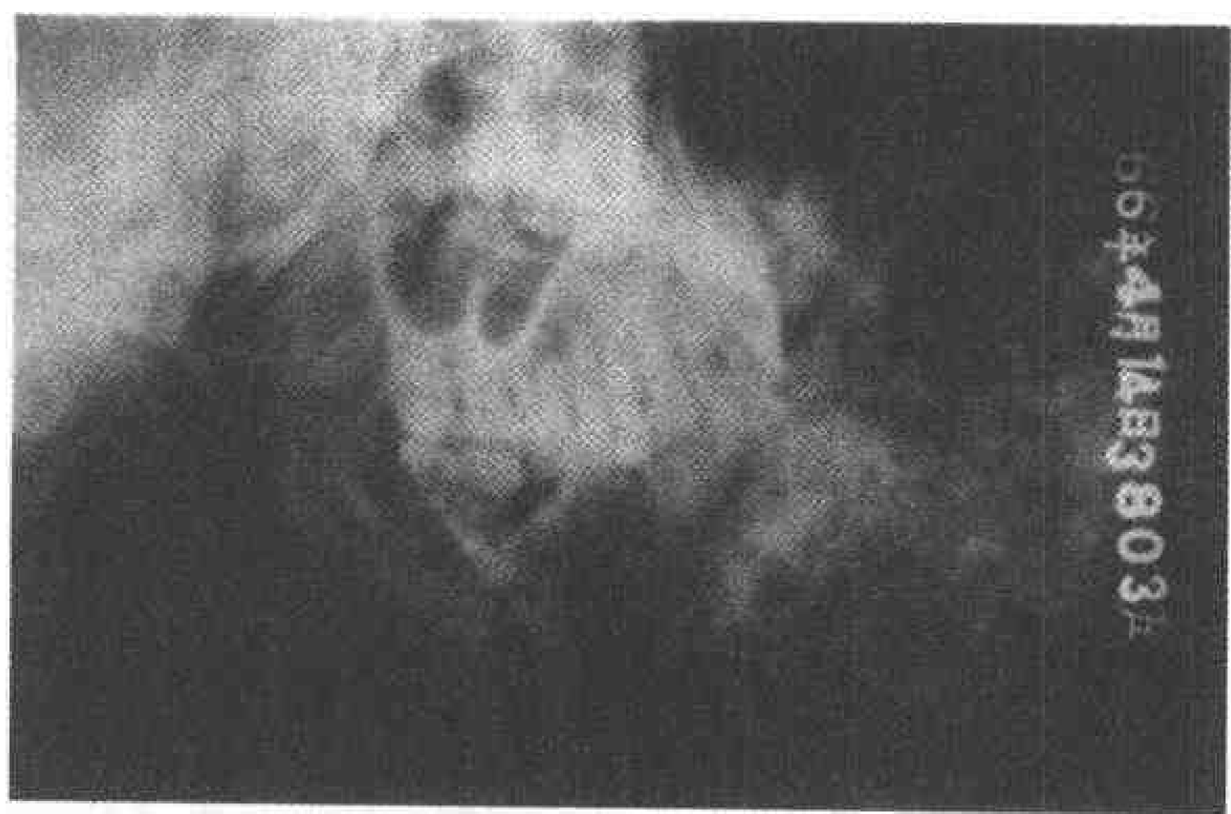
区，边缘不平呈分叶状，有切迹，骨皮质为不均匀的变薄且不完整，常有牙槽突骨质吸收破坏，使两个邻牙牙根分开，有时可见牙根尖不整齐的吸收(图 17-2-85)。

鉴别诊断：主要是与颌骨囊肿鉴别。囊肿形状规则，边界较整齐光滑，骨壁线完整，牙槽骨少有受累，囊腔密度均匀。

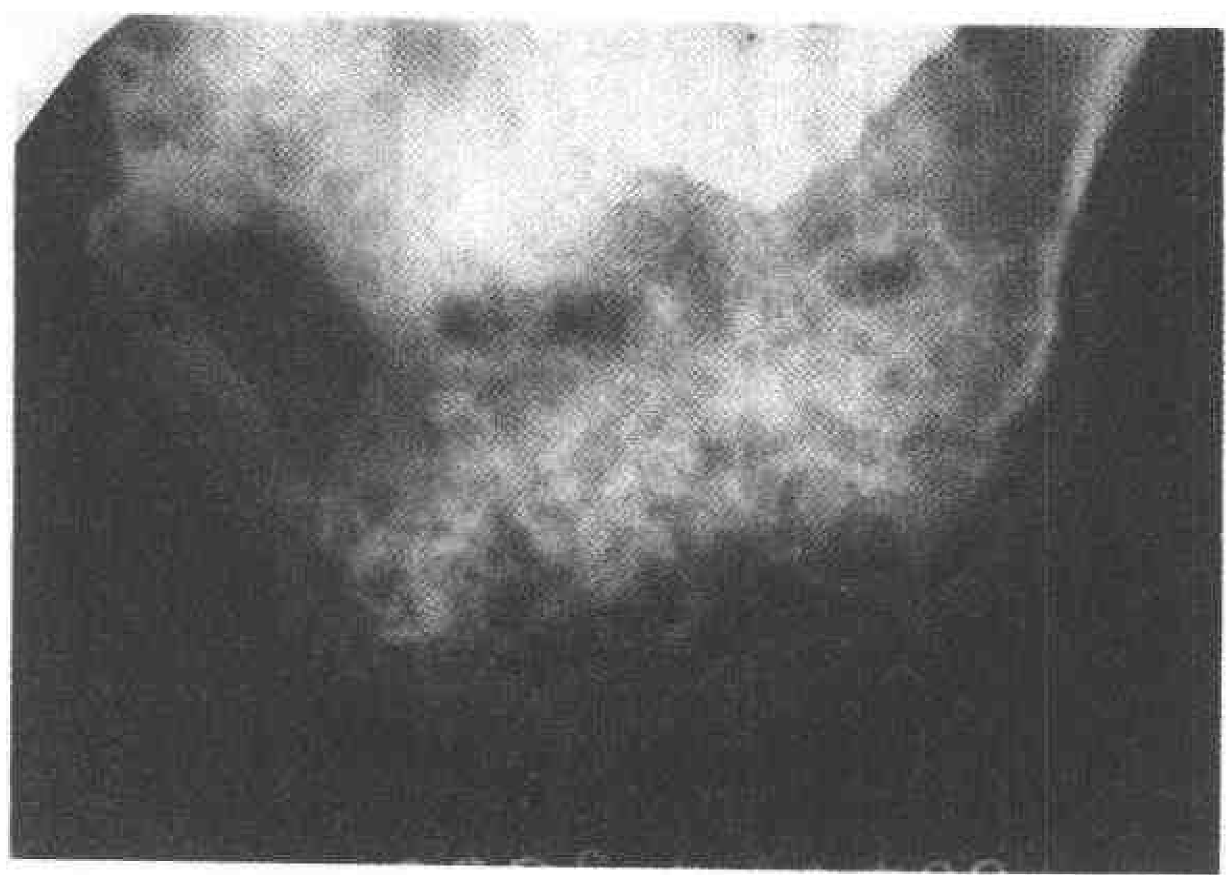
3. 蜂窝型　较多囊型少见，显示为多数大小相近的小囊肿，囊腔之间有较厚而粗糙的骨间隔，有的完全呈蜂窝状。骨间隔彼此重叠，肿瘤中心体积愈厚重叠愈多，则显示骨间隔更密集，常有颌骨膨大畸形，骨皮质变薄多数较完整，肿瘤内可含牙也可不含牙（图 17-2-86）。有的病例在蜂窝型的边缘又有多数大的囊腔同时存在，则可称为混合型(图 17-2-87)。

鉴别诊断：主要应与骨化纤维瘤区别。骨化纤维瘤中心是由多数如结节状或小片团状，致密的钙化影密集而成，其间由不规则的纤条影所分隔开，有些钙化的结节状影有融合成斑片状表现，而成釉细胞瘤内无钙化和融合的片团影，蜂窝型的骨间隔虽多但仍较匀散。

4. 局部恶性征型　可以颌骨膨胀不明显或轻度膨胀，膨胀可以于下颌下缘或下颌角区特别突起膨出，骨皮质部分破坏吸收，仅见软组织包块，囊



(1)



(2)

图 17-2-86　蜂窝型成釉细胞瘤

(1) 斜侧位　以颏部为中心向左、右下颌骨体扩大，均累及第一磨牙区呈多数蜂房状的囊腔堆积重叠形成一大团鬼影；(2)颏部切线位片　与(1)图为同一患者



图 17-2-87　成釉细胞瘤（混合型）

内分隔有吸收，但仍可见少许的骨隔，肿瘤边缘仍留有切迹状的改变。可与其他恶性肿瘤区别。临床上多有生长加快，反复出血等病史（图 17-2-88）。

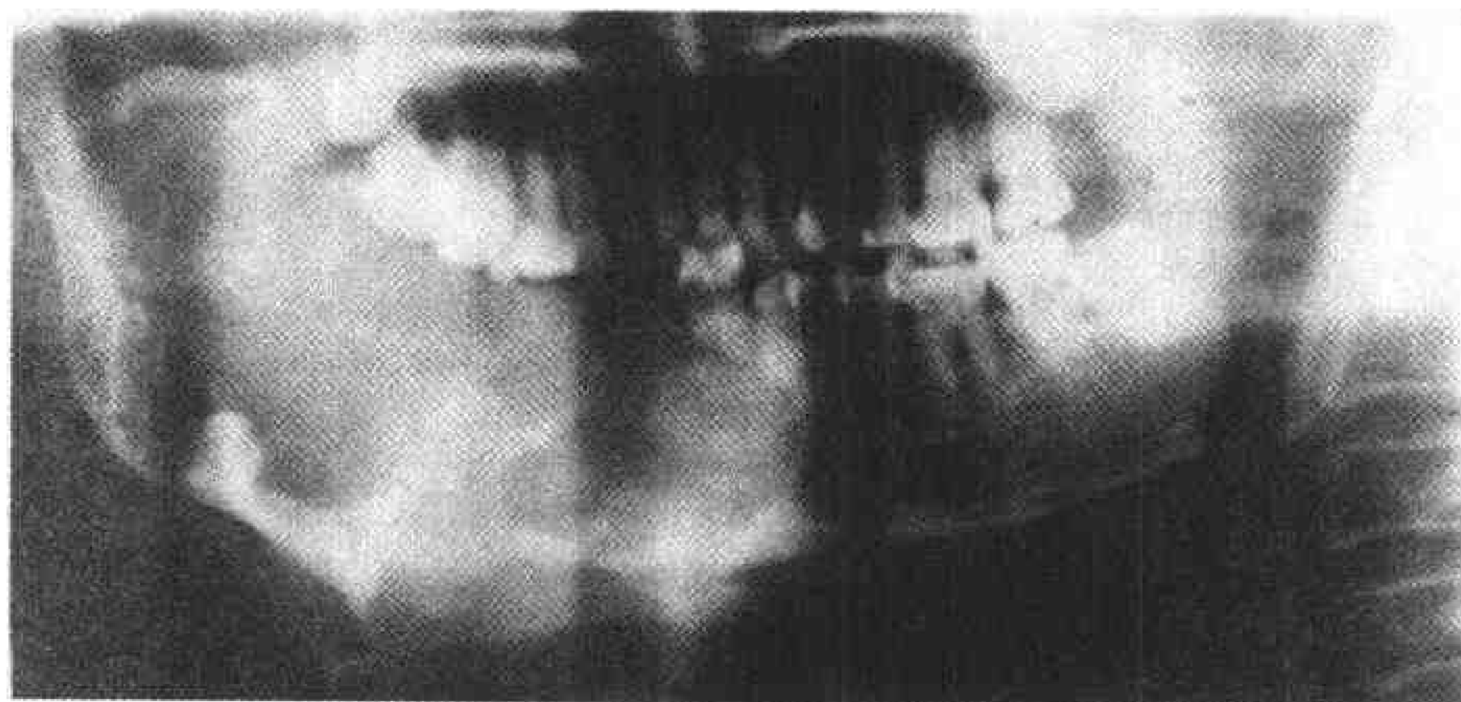


图 17-2-88　左小颌成釉细胞瘤局部恶性征（曲面体层片）

（二）牙源性腺样瘤

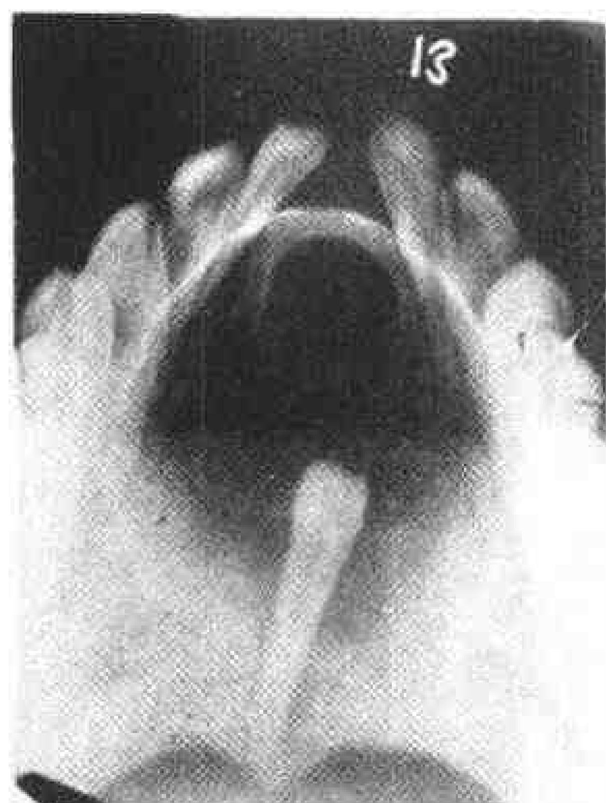
牙源性腺样瘤过去曾称为腺样成釉细胞瘤，因其临床和病理形态上均有其特点，1971 年世界卫生组织已将其列为独立一种牙源性肿瘤。

此瘤生长缓慢，发生率较低，发病年龄较轻，女性较男性多见，病损部位是上颌多于下颌，上颌单尖牙区为好发部位。肿瘤一般较小，直径很少有大于 3cm 者，有完整较厚的包膜，剖面呈囊性或实性。实性部分呈灰白色；囊性部分含淡黄色胶冻状物质或血性液体，腔内可含牙。此肿瘤可分为中心型（骨内型）和周边型（骨外型）。肿瘤刮除后不复发。

【X 线表现】　中心型以单囊多见，较大者，可引起颌骨轻微膨胀，骨皮质有变薄但连续完整，边界整齐平滑。囊腔内密度不均匀，有多数散在细小



（1）



（2）

图 17-2-89　牙源性腺样瘤

（1）|2Ⅲ 根尖区有一单囊性病变。|3 包含在囊腔内；（2）下颌颏部有圆形单囊性病变囊内有散在沙粒状钙化点。|2 阻生与囊腔内

的钙化斑点影，常含有一个发育快完全的埋伏牙，以尖牙为最多见，而且是整个牙包含在囊腔内，囊壁与牙根尖相连，形成似漏斗状征象，以此可与含牙囊肿和成釉细胞瘤区别（图 17-2-89）。

周边型者仅见牙槽骨轻度吸收，主要形成软组织肿块。

（三）牙源性钙化囊肿

牙源性钙化囊肿是一种特殊的牙源性病损。1962 年 Gorlin 等提出牙源性钙化囊肿的名称。据研究表明 COC 既具有囊肿的许多特征，又具有实性肿瘤的许多特征。COC 发病率较低，统计资料约占牙源性肿瘤的 2%～5%。华西医科大学口腔病理科 1952—1994 年资料中 COC 在全部 821 例牙源性肿瘤中仅有 35 例，占 4.3%。性别及年龄均无特异性，7～82 岁均有报道。文献报道发生部位为下颌多于上颌，而作者单位统计为上颌骨较多。关于其分类众多学者皆有所研究。根据 Hong 和 Buchner 等依据细胞增生活性，囊肿衬里上皮的生长方式，囊肿形成的方式及临床特点对 COC 分为：①非增生型（单纯性单囊型）；②增生型（衬里上皮增生，多个子囊，囊肿中心有影细胞且有钙化趋势）；③成釉细胞瘤增生型；④牙瘤产生型；⑤肿瘤型（瘤型又分为来源于 COC 的成釉细胞瘤；外周型上皮牙源性影细胞瘤；中心型上皮性牙源性影细胞瘤）；⑥恶性型。由此可知 COC 的病理组织是多样的。巨检剖面，囊肿囊壁较厚，囊内有较多呈白色或灰黄色钙化团块。实质性包块有包膜，有的呈分隔状，有的骨质有明显破坏，但骨膜仍完整。外周型恶性病例，包块质硬无包膜。

【X 线表现】 过去的报道都只有单囊型和多囊型内有钙化存在两类 X 线征象。现根据华西医科大学口腔医学院放射科对 1971—1998 年经手术后病理证实为 COC 的 33 例，进行了 X 线表现的分析结果，其 X 线征象多式多样，将其分为 6 种类型：

1. 单囊型　此型最多见，X 线表现为边界清楚的单个囊性病变，边缘有致密的骨壁线。病变范围大小不等，形状可规则可不规则。囊性病变区呈密度不均匀的透射影，密度越低透射度越大者为囊腔，而透射度较低的区域则是实性肿瘤病变区。病变区有多少不等，大小不均，呈点状或团块状的钙化，钙化团块有的融合成较大的斑片影形状不规则，边界不齐。牙有明显推压移位，牙根可有吸收，常可见尖牙阻生。骨皮质膨胀变薄少见或轻微（图 17-2-90）。

2. 牙瘤生成型　好发生于年轻人，多见于上颌尖牙区，以单囊多见。病变边界清楚，范围大者多有骨壁线；病变范围小者反而无骨壁线。病变区有数目不等，大小不一的极为致密的高度钙化的小团块，类似牙瘤样改变。常伴有尖牙阻生，阻生尖牙有的位于囊腔内，有的实际是在囊腔壁外。邻牙有推压移位，牙根尖吸收少见（图 17-2-91）。

3. 牙槽骨型　多发生于前牙和前磨牙区的牙槽骨。主要表现为牙槽突骨质破坏，病变边界尚清楚但不规则，且无骨壁线。有尖牙阻生和乳牙滞留，牙根有明显吸收，病变区可见有形状不规则的钙化点或小团块（图 17-2-92）。

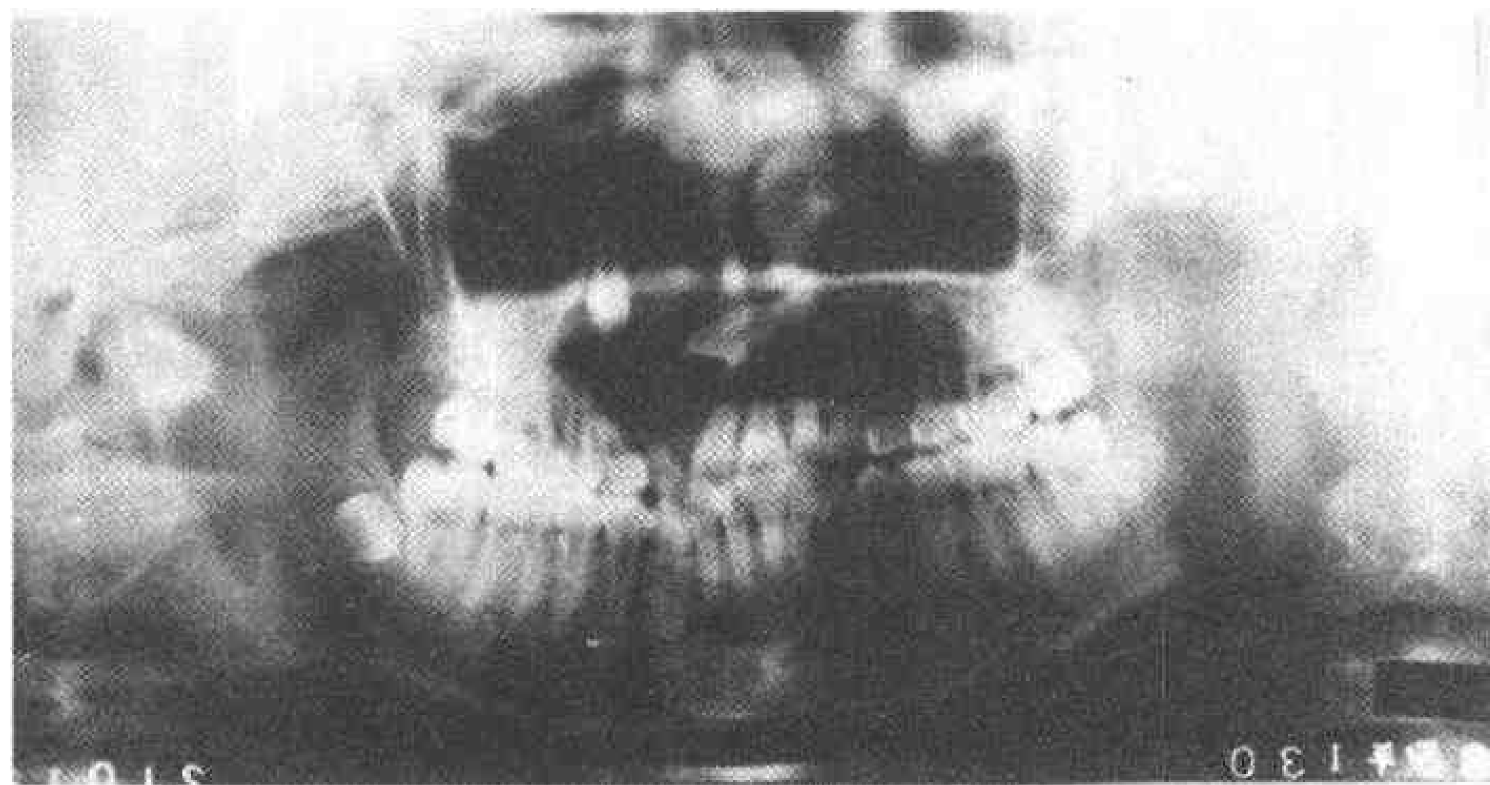


图 17-2-90　牙源性钙化囊肿（单囊型）
于5—1|之根尖区有一囊性病变，Ⅲ|末脱，43|皆未萌出，囊腔内有淡薄呈片状的钙化影

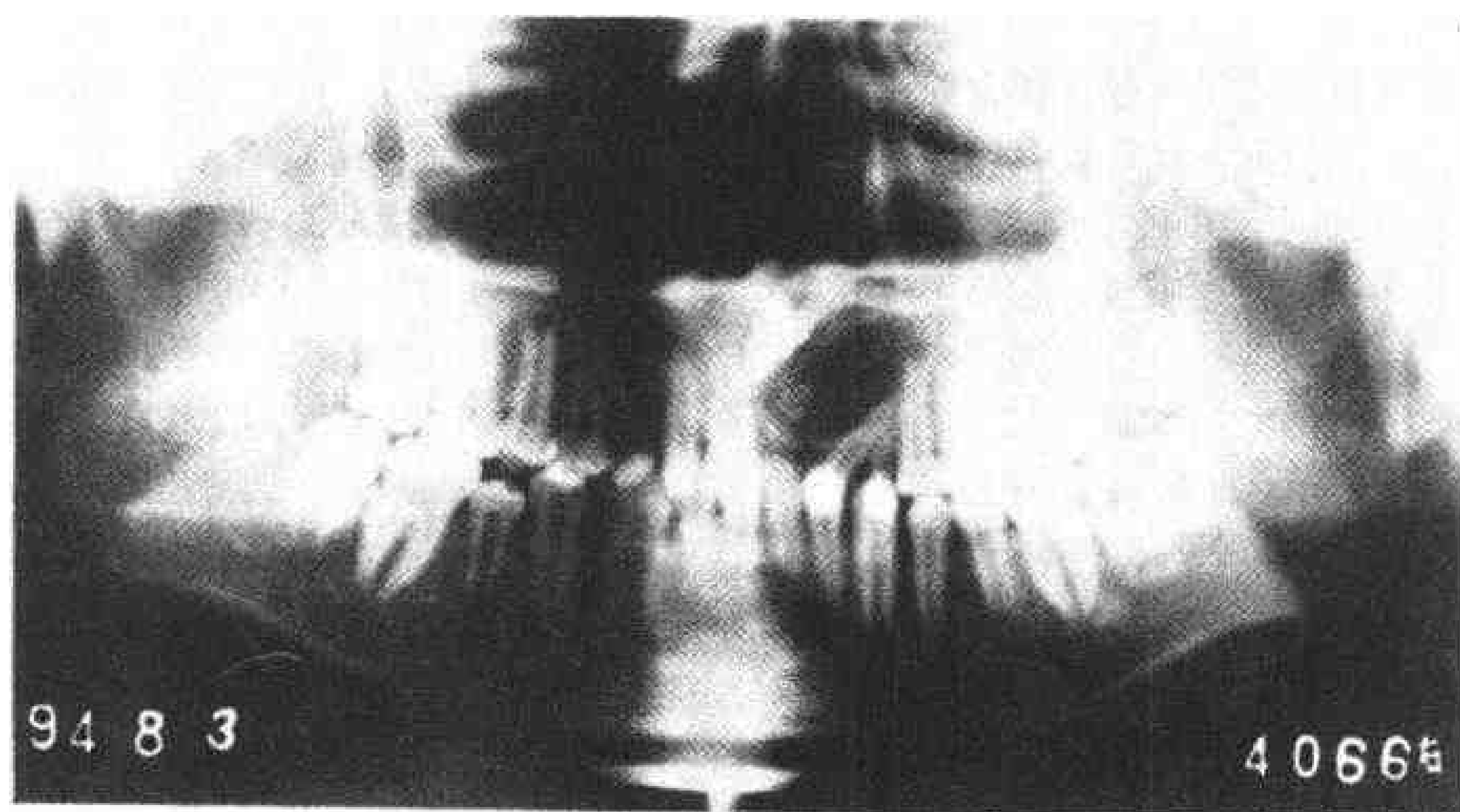


图 17-2-91 牙源性钙化囊肿（牙瘤生成型）
2 4|根尖区有一单囊性病变，2|移位，3|阻生与囊腔内。近牙槽突处有少许粒状钙化影

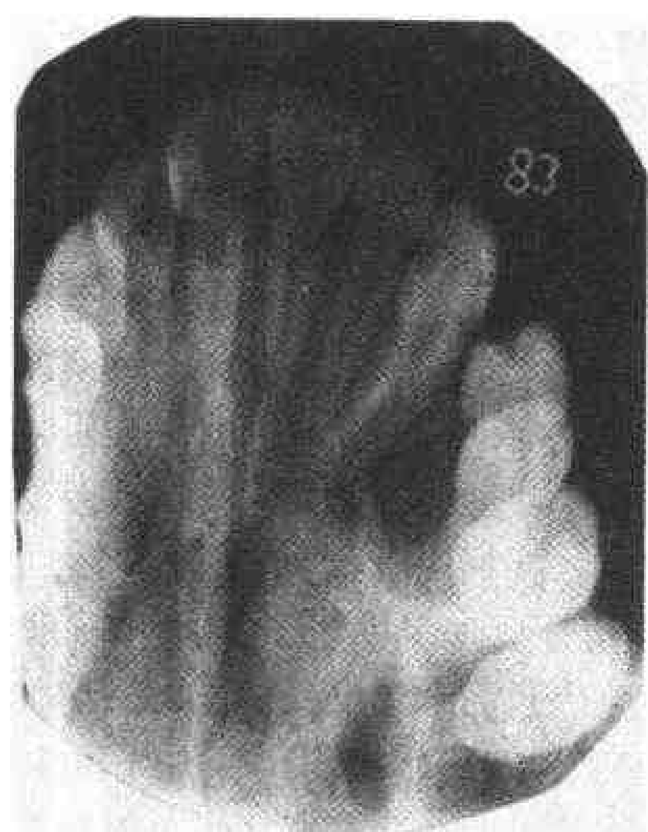


图 17-2-92 牙源性钙化囊肿（牙槽骨型）

4. 复合型 较少见，多发生于下颌骨的前部。可表现为单囊型或多囊型。有的边缘有骨壁线，有的骨质有破坏而不连续，壁部可有子囊出现。此类常伴有成釉细胞瘤或牙源性腺样瘤等多种病理改变。有的多囊型可似蜂窝状表现，有多数粗细不均匀，走行方向不一的骨隔，伴有牙缺失，牙移位或牙阻生（图 17-2-93）。

5. 恶变型 少见，一般表现病损范围较广泛，呈囊性破坏，边界不甚清楚，边缘不规则，显示有侵蚀性破坏。牙移位明显或缺失，伴有牙阻生。发生于上颌者，常累及上颌窦，造成窦壁骨质破坏（图 17-2-94）。

6. 外周型 皆表现为软组织肿块，无骨质破坏。

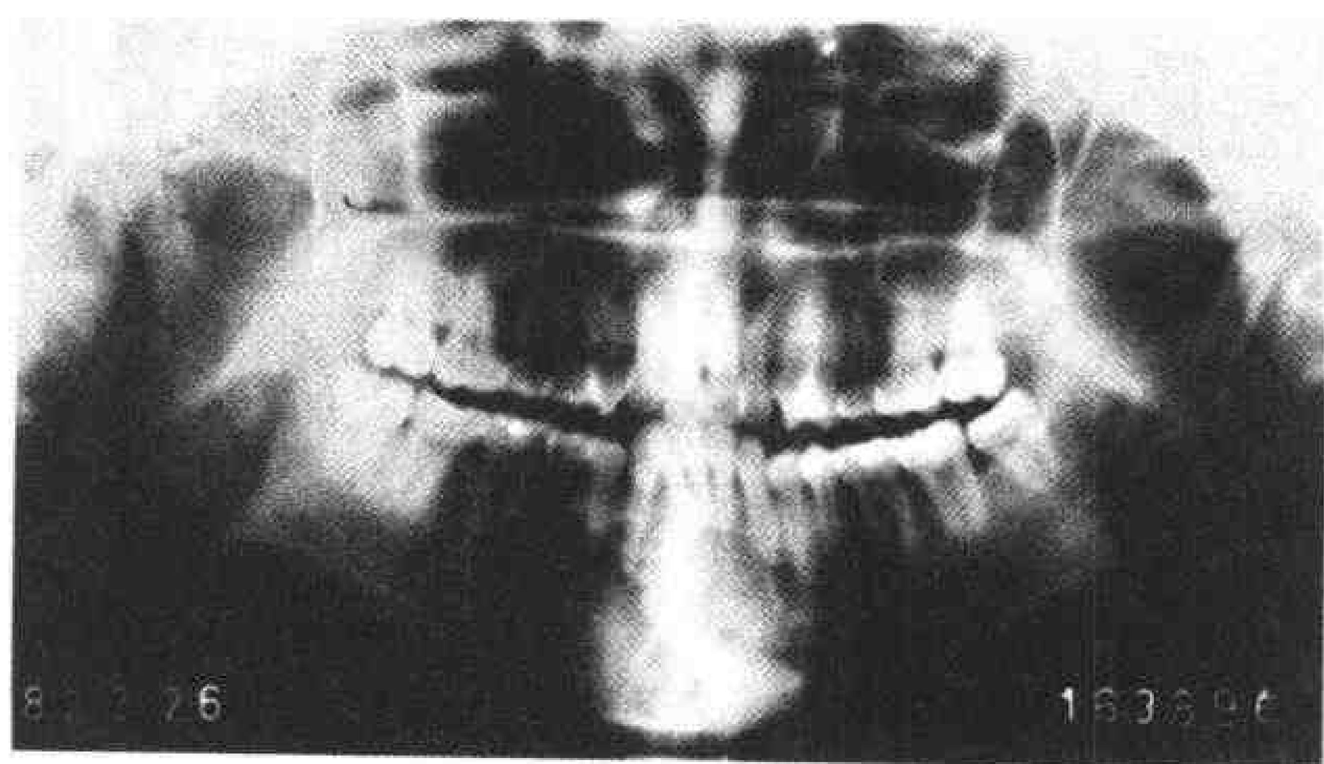


图 17-2-93 牙源性钙化囊肿（复合型）
$\overline{6+6}$区下颌骨呈多囊状改变，中央有不规则钙化团影，$\overline{|23}$根移位$\overline{|1}$位于病变区的下份。病检有成釉细胞瘤、牙源性腺样瘤和影细胞等改变

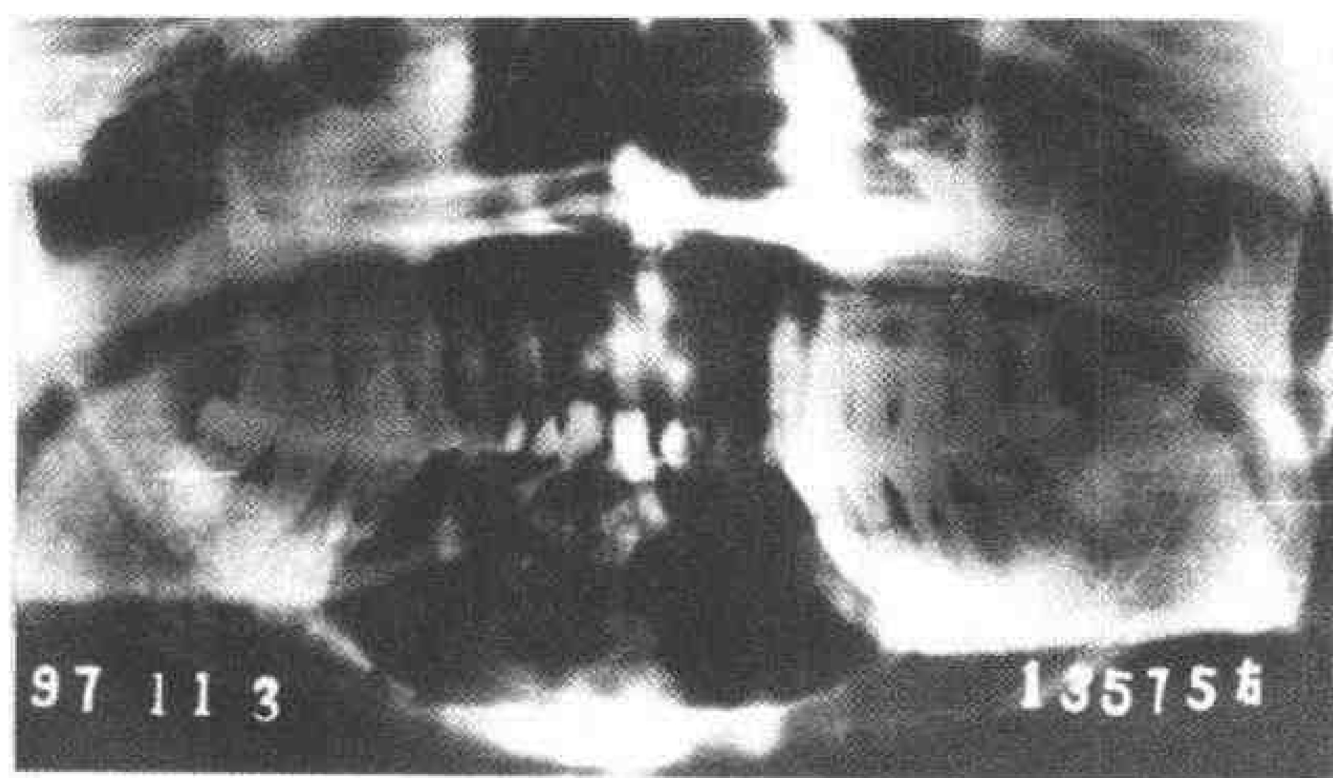


图 17-2-94　牙源性钙化囊肿（恶变型）

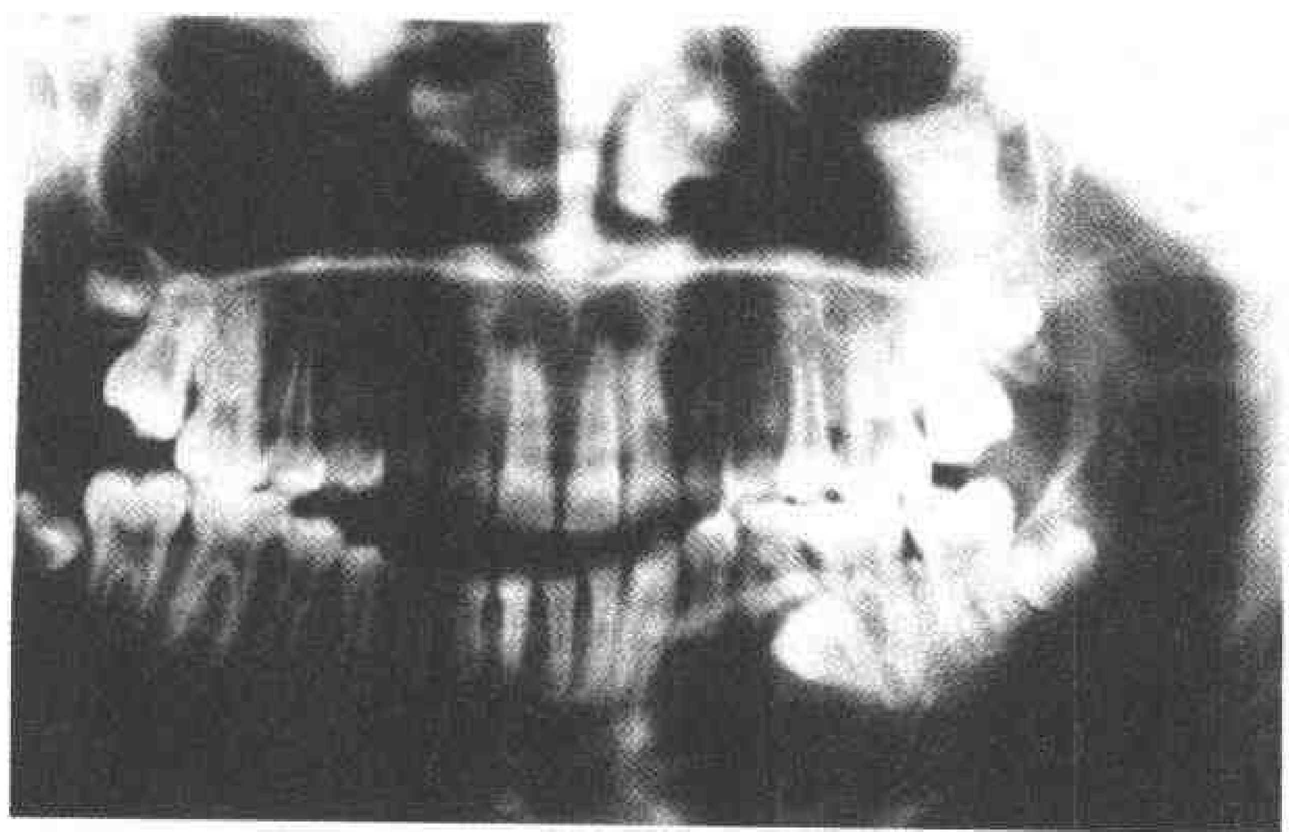


图 17-2-95　牙源性钙化上皮瘤

【鉴别诊断】 根据发病部位多发生于前牙和前磨牙区，病变内常有大小不等的钙化团块，可与牙源性囊肿和成釉细胞瘤区别；如钙化团块融合似牙瘤样改变者因常有尖牙阻生和乳牙滞留可与混合牙瘤区别，因后者可发生于颌骨任何部位，边界清楚有包膜，常有缺牙和多个阻生牙；因钙化团块较致密，大小不等形状不规则可与牙源性腺样瘤区别。只是发生于上颌的恶性型不易与其他恶性肿瘤区别，需要结合临床病史，如有突然生长加速，病变有部分密质骨破坏而表现边界不齐，则提示有恶变。此瘤或由于手术刮除不彻底而复发恶变。

（四）牙源性钙化上皮瘤

牙源性钙化上皮瘤少见。以往认为是成釉细胞瘤或牙瘤的一型。1956 年 Pindborg 首先报告，故又称 Pindborg 瘤。

多发生于青壮年，性别无明显差异，下颌比上颌多见，常发生于磨牙和前磨牙区。巨检为实性和囊性，囊壁厚，有些区域似骨样硬度，有包膜或包膜不完全。瘤体内上皮细胞可有淀粉样变，这种变性的细胞其周围常发生钙化，钙化呈同心圆沉积。肿瘤中可有埋伏牙。

【X线表现】 多显示似多囊状，也有单囊型，囊腔形状不规则，颌骨有膨大，但边界不光滑整齐，囊腔内部呈实性软性密度，有散在大小差异不大的钙化致密而不规则的片团影，常包含有埋伏牙。发生于上颌骨者，常见有上颌下外侧壁破坏(图 17-2-95)。

【鉴别诊断】 病变区内有钙化可与成釉细胞瘤区别。此肿瘤多表现为实质性或多囊性，病变的钙化地点较散在，无融合成较大团块，所含牙不完全是尖牙，及根据好发部位，可与牙源性钙化囊肿区别。

（五）牙源性粘液瘤

牙源性粘液瘤是一种良性但有局部浸润的肿瘤，包括粘液纤维瘤。好发生于颌骨，身体其他处很少见，瘤内有牙源性上皮，可能来自牙胚的牙乳头、牙囊或牙周膜。可发生于任何年龄，但以青少年多见。性别无明显差异。下颌稍比上颌多见。多数肿瘤生长缓慢，但有的病例生长较快，可浸及骨组织，甚至穿破骨皮质进入邻近组织。巨检见肿瘤较软，有弹性，多数无包膜，偶见不完整的包膜。剖面呈胶冻状，富有牵缕性粘液。镜下亦见瘤细胞间有大量粘液及纤维成分。肿瘤内纤维成分较多者，称为纤维粘液瘤。由于肿瘤细胞分化程度不同，粘液和纤维的含量不同。

【X线表现】 呈多样性。过去都只认为是多囊性改变。根据华西医科大学口腔医学院 1964—1998 年间经手术后病理确诊者的 X 线资料共 42 例进行总结将其分为以下几种类型：

1. 牙槽骨破坏型 较少见，呈囊性，病变只局限在牙槽突，范围较小，一般直径不超过 2cm，其边缘不规则不整齐，可呈波浪状，往往牙槽嵴顶部骨质吸收，而接近牙根尖区则呈细小的网格状改变，常向牙龈突起软组织包块，并将两邻牙推压移位向远、近中分开，但牙根一般无吸收(图 17-2-96)。



图 17-2-96 牙源性粘液瘤（牙槽骨破坏型）

2. 单囊型 较少见，多见于下颌骨，均见有牙槽骨受累，但病变范围较大，甚至可引起颌骨膨胀。多从两邻牙之间牙槽骨至下颌骨形成圆形或卵圆形较规则的单个囊腔。病变有明确的边界，边缘较光滑，少数亦可见有一致密的骨白线。病变累及牙槽间隔，造成两邻牙移位分离，牙根无吸收。病变区呈软性透射影但不均匀，偶亦可见少许极纤细的分隔（图 17-2-97)。

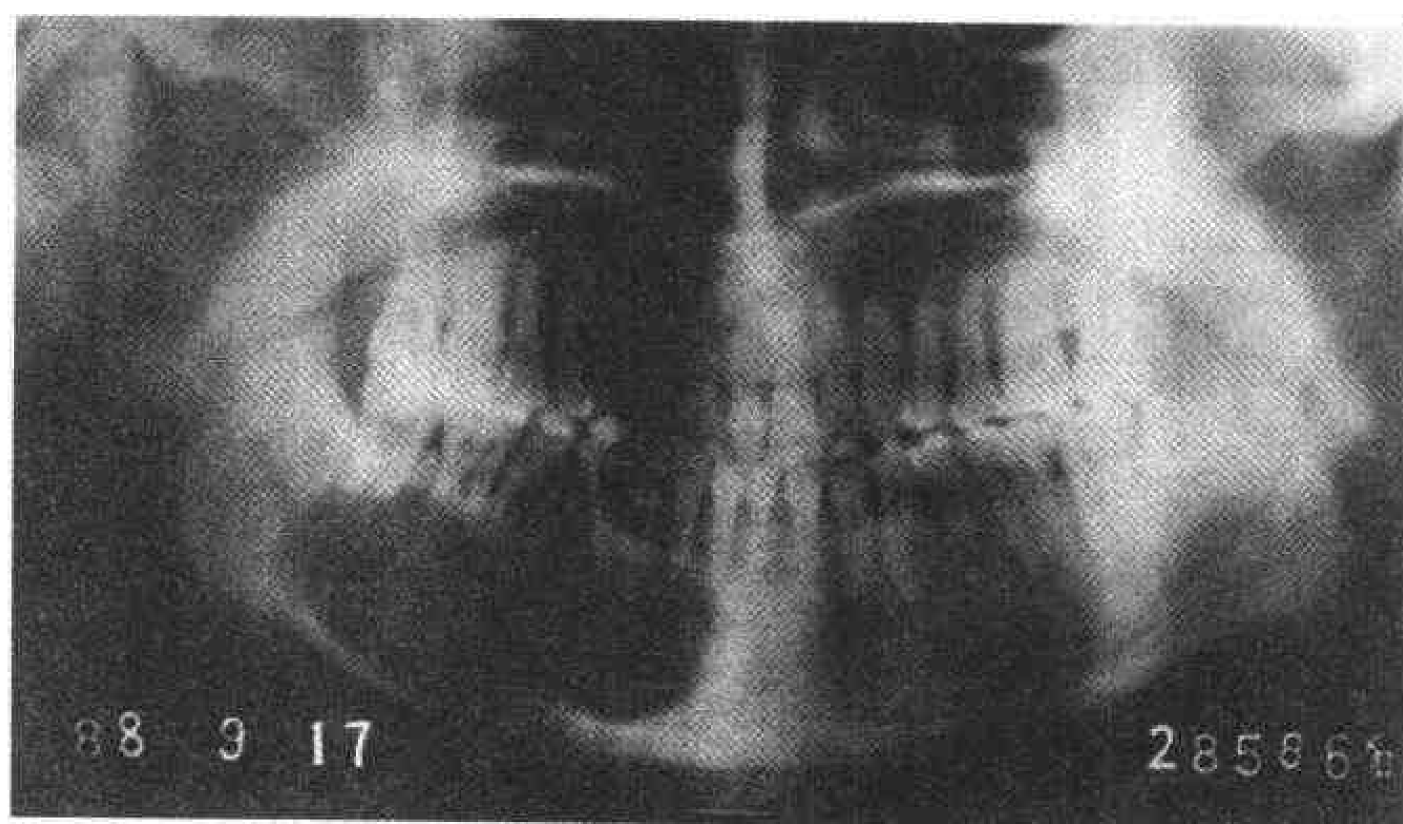


图 17-2-97 牙源性粘液瘤（单囊型）

左下颌骨体$\overline{1—7|}$根尖区有一单囊型病变。界清，边缘略呈波浪状。45 根有推压移位，中心密度似较均匀，故第一次诊断为角化囊肿，但经仔细观片见病变后区密度较实性。经囊腔造影排除囊肿。最后病理确诊

3. 多囊型　最多见。发生于上颌者皆多为多囊。且多见于前磨牙及磨牙区的牙槽骨，常累及上颌结节、颧牙槽嵴和上颌窦下外侧骨壁。表现为大小不等的多囊状密度减低区。囊腔形状不规则，有似圆形、类圆形、方形、长方形或三角形。囊腔之间有粗细较均匀的纤细骨隔，骨隔呈横竖散乱交错排列，形成似筛孔状，或似火焰状。有的骨隔较多似一个完全的筛网状；有的疏密不匀似破洞状的筛网；有的只有稀少极纤细的分隔，如X线片质量欠佳则可能显示不清，尤其是发生于上颌者因重叠影像多更不易辨别，如在华特位上看不出纤细的骨隔，而在断层片上才显示出分隔影。肿瘤常致颌骨膨胀，常见有牙槽骨破坏后向口腔内突出软性包块，或向颊、舌侧穿破形成面部软组织肿块。因向颊或舌侧突出时，肿块中心的骨隔可超越下颌骨下缘，形成似骨针。牙移位明显，甚至松动脱落而缺失。病变边界清楚但不整齐（图17-2-98）。

4. 蜂窝型　较少见。亦呈多囊状，但囊腔较小，骨隔粗细极为不均匀，多数骨隔厚而粗糙不规则如珊瑚状；有的骨隔融合成斑块状。颌骨膨胀明显，骨皮质变薄，边界明确，牙有移位或有埋伏牙（图17-2-99）。

5. 恶性征型　骨质有溶解破坏征象，以牙槽骨破坏广泛，伴骨缺损，有的侵蚀直达下颌骨下缘密质骨；有的在破坏区内有散乱的骨隔，或呈斑片状、团块状的钙化影。有较大的软组织包块突出口腔或下颌骨下缘，造成明显的牙移位或牙缺失。上颌骨可整个受累向前突起巨大的软组织包块，因而易误诊为骨肉瘤或其他恶性肿瘤（图17-2-100）。

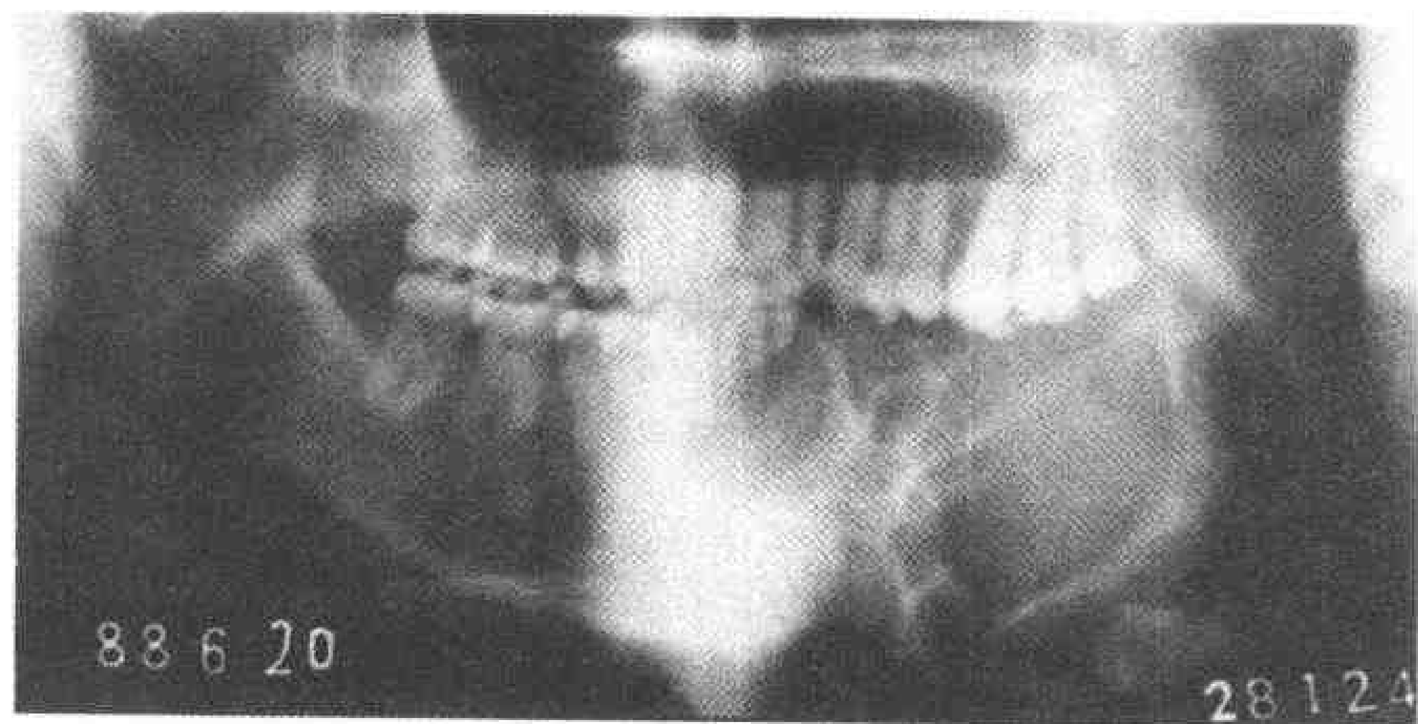


图17-2-98　牙源性粘液瘤（多囊型）
病变呈多数不规则大小不等的囊状改变，有多数粗细不匀似筛网状

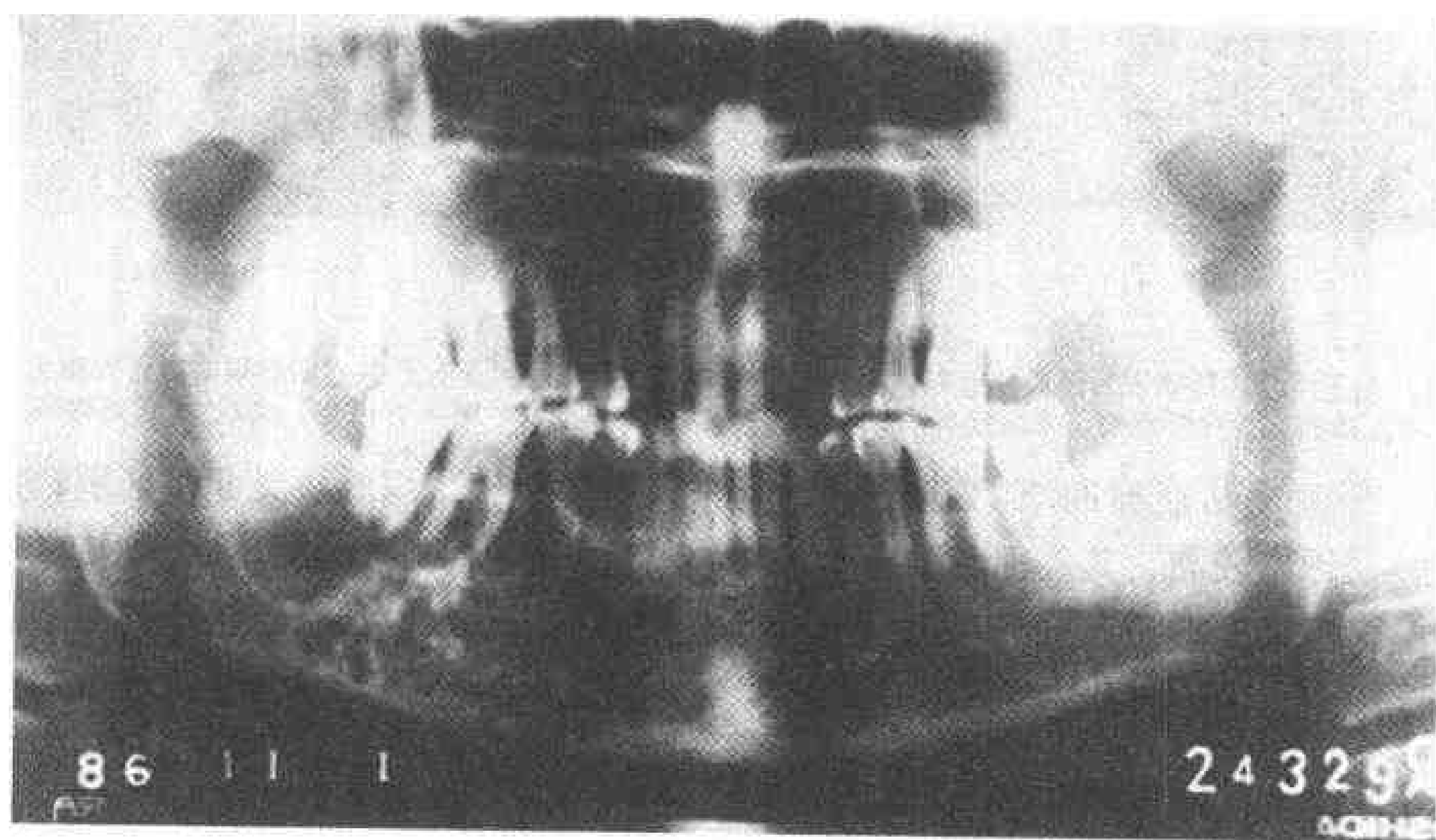
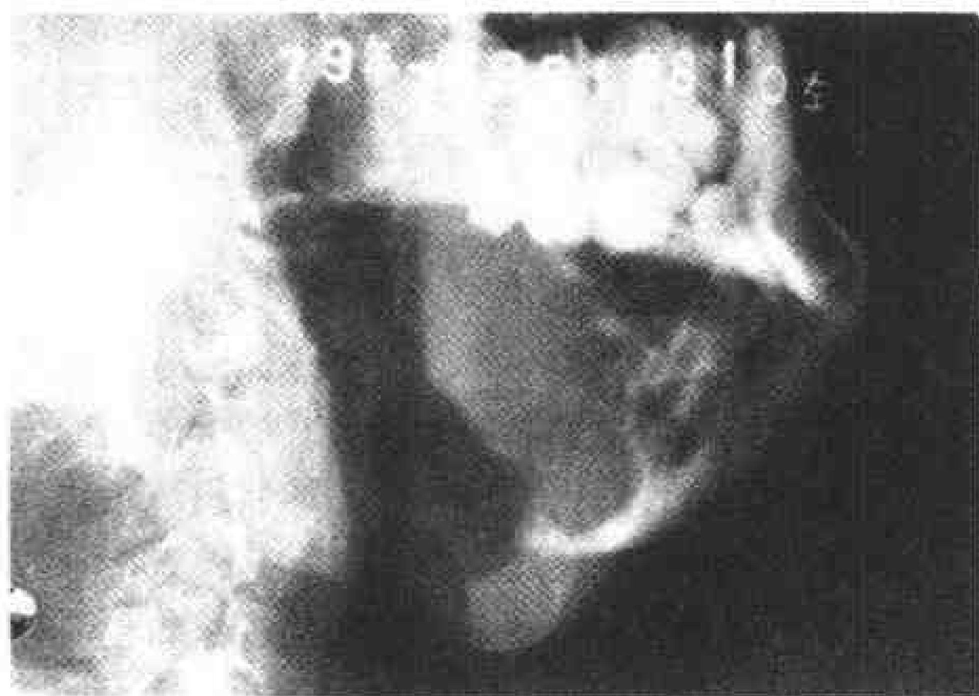


图17-2-99　牙源性粘液瘤（蜂窝型）



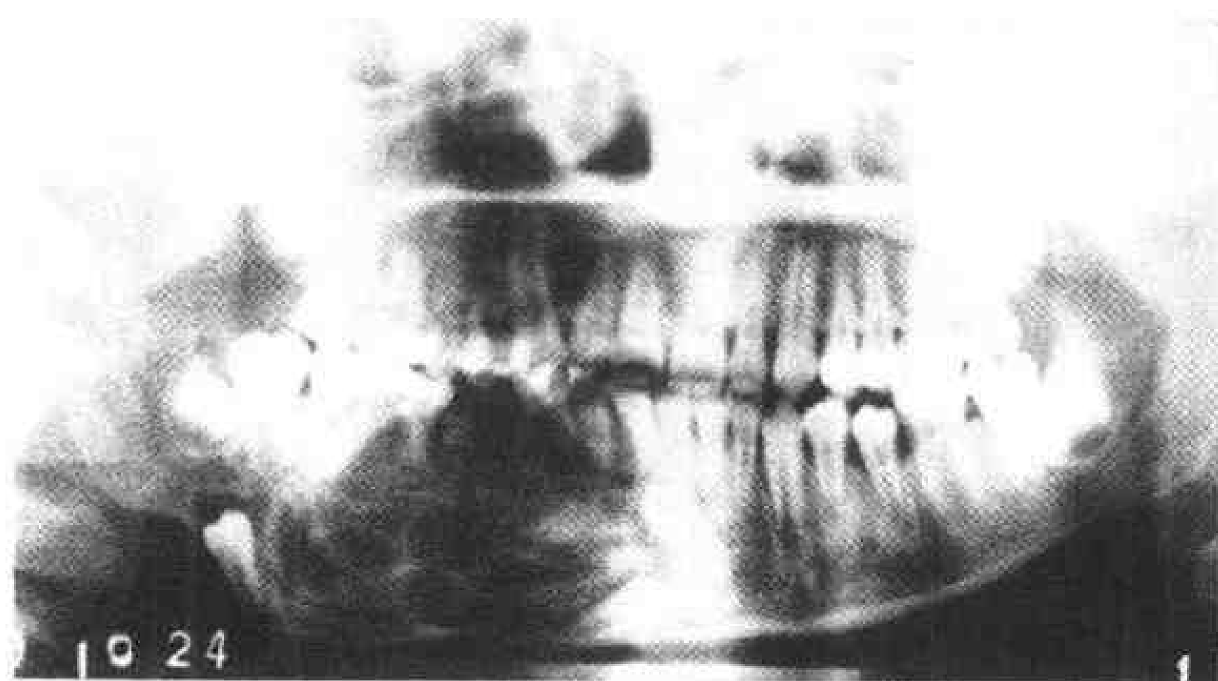
(1) 左下颌斜侧位



(2) 上颌骨侧位

图 17-2-100 牙源性粘液瘤（恶性征型）

(1) 左下颌支及体呈多囊性改变，颌骨膨大显著。⌈45678均缺失。于前面体部表现为多数小囊腔。但在后部下颌支呈大的破洞状囊腔，后、下骨壁溶解破坏；(2) 左下颌呈多囊状改变，并穿破骨壁向前、向口内突起较大的软组织肿块。其中有少数纤细的骨隔，及钙化小团影，造成上、下颌前牙移位明显，形成开殆



(1)



(2)

图 17-2-101 牙源性纤维瘤

(1) 左下颌骨体部表现为多囊性有较大粗大的骨隔，毗邻不规则，囊腔形态亦不规则。颌骨有膨大，原先诊断为骨化纤维瘤，术后病理确诊；(2) 34⌋区龈纤维瘤有一带并有钙化。造成34⌋远处移位

【鉴别诊断】 牙源性粘液瘤的 X 线表现多样但过去认识不足，误诊率较高，其鉴别诊断有一定难度。具有典型的多囊型改变者易于诊断。牙槽骨破坏型易与牙龈瘤等混淆，前者虽在牙槽突有骨质破坏，但在近根尖下的病变区有纤细的分隔，牙有移位但牙根无吸收；单囊型不易与成釉细胞瘤区别，仅能以囊腔无完整的骨壁线和牙移位显著，并向口内有软组织肿块突起可区别；多囊型因其囊腔形状不规则，纤细的骨隔排列错乱呈筛网状，边缘无切迹，牙移位特别严重等可与多囊型成釉细胞瘤区别；蜂窝型则不易与骨化纤维瘤区别，其骨隔粗糙极不均匀，有的部分有浸润征应仔细分析，如图 17-2-86 病例，当时临床和 X 线皆误诊。

（六）牙源性纤维瘤

牙源性纤维瘤来源于牙周膜、牙乳头或牙囊，为成纤维细胞增生的肿物。此瘤较少见。多发于下颌磨牙区，生长缓慢为良性，手术切除不复发。

肿瘤有大量纤维结缔组织组成，有少数散在牙源性钙化上皮团，偶见灶性钙化物似牙骨质小体。

【X线表现】 可为单囊或多囊的密度减低区。多囊者，分隔稀少，骨隔较直欠清晰锐利，囊腔形状不规则。单房者边界无分叶状。瘤内可见不规则密度增高影像，多有颌骨膨胀，可见有邻牙移位及牙根吸收，病变内亦可含牙，或邻牙先天缺失（图17-2-101）。

（七）化牙骨质纤维瘤

化牙骨质纤维瘤又名牙骨质化纤维瘤为颌骨中心良性肿瘤，术后很少复发。肿瘤由胶原纤维、成纤维细胞、成牙骨质细胞所组成，在纤维组织内含有数量不等的牙骨质小体。多发生于中年人，性别无明显差异。主要发生于前磨牙或磨牙区。

【X线表现】 呈单囊或多囊密度减低区，肿瘤中可见弥散性致密的斑片状影，有时可见似圆形的边缘整齐、密度均匀的高钙化的牙骨质小体。肿瘤较大者可致颌骨膨胀，邻牙推压移位，但一般无侵蚀，瘤体内可含牙（图17-2-102）。

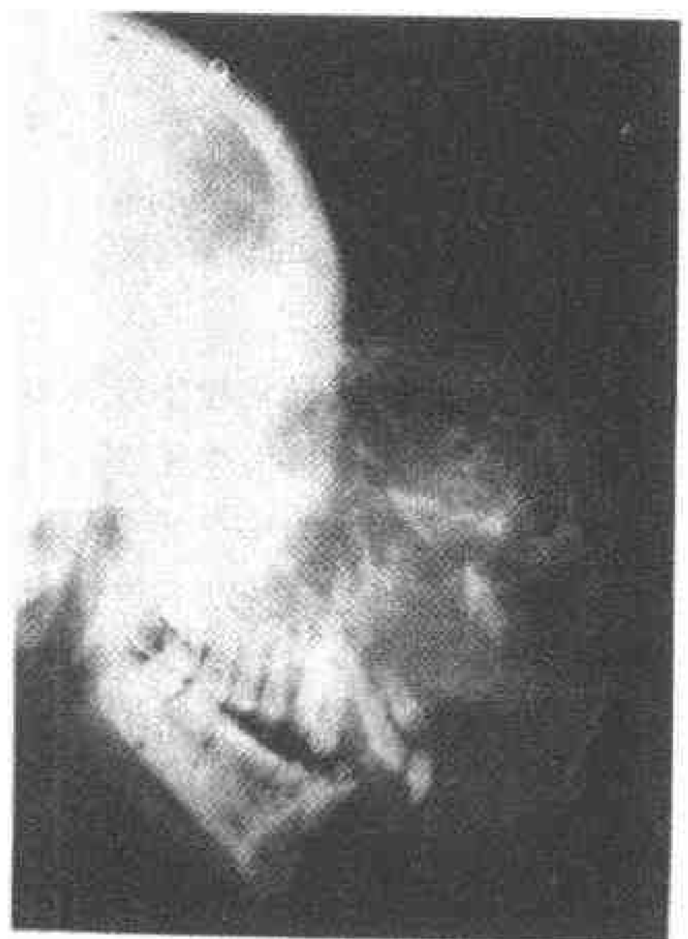
（八）良性成牙骨质细胞瘤

良性成牙骨质细胞瘤又称真性牙骨质瘤。少见。常发生于25岁以下的青年人，男性多见。多发生于下颌前磨牙或磨牙的根尖周。生长缓慢，较小的肿瘤临床不易发现，往往是X摄片偶然发现。较大时可引起颌骨膨大。肿瘤大部分为牙骨质样组织所组成，包括牙骨质小体和牙骨质细胞，肿瘤的周边有结缔组织包膜。

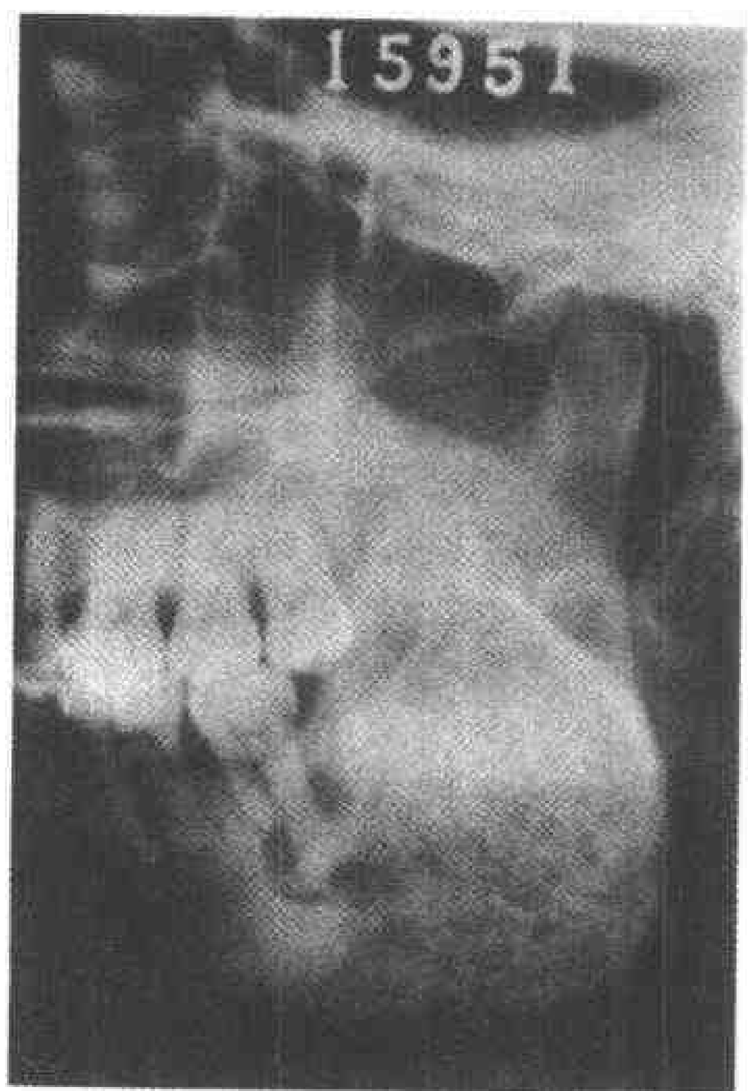
【X线表现】 常见肿瘤与牙根粘着，在根尖周围呈现不规则致密的团块影。肿瘤增大时，可致颌骨膨胀，可与牙根融合，边界清楚，在团块外围绕一窄条低密度的透射影，说明为肿瘤包膜（图17-2-103）。

（九）根尖周牙骨质异常增生

根尖周牙骨质异常增生又名根尖周牙骨质结构不良。较常见。过去认为它是牙骨质瘤的一型，现多数人认为本病非真性牙骨质瘤，而是牙槽骨结构不良的一种类型。常发生于中年女性患者，以下颌切牙区多见。且常为多发性损害。病因不明，可能与长期的咬合创伤有关，一般无自觉症状。



(1)

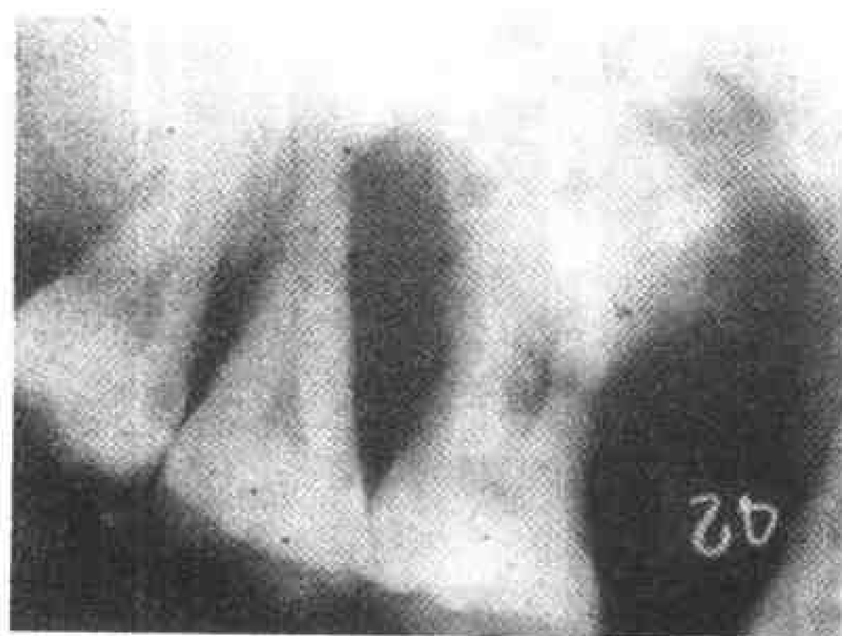


(2)

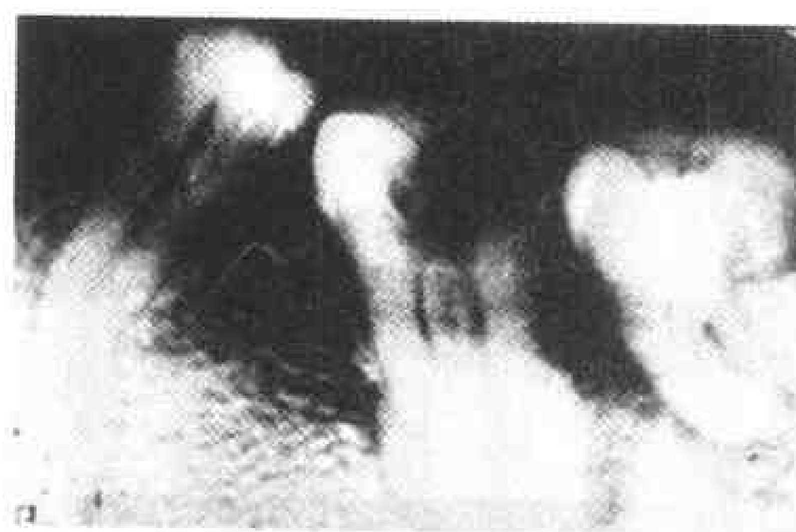
图17-2-102 牙骨质化纤维瘤
(1)上颌骨向前突出一巨大包块，内有多数致密团块影，系牙骨质小体；
(2)右下颌角有一较大的肿块，中央多数点团状致密影。7┐根尖有致密团影



(1)



(2)



(3)

图 17-2-103 良性成牙骨质细胞瘤

(1) 曲面体层片76┐根尖有一致密团影周围有纤维组织包膜与牙根融合；(2) 根尖片6┘根有一个均匀的致密团影与根尖融合，界清，牙槽嵴吸收；(3) 根尖片┐7殆面龋坏，根尖有一球形致密团影，有包膜

【X线表现】 一般表现可分为三期：

1. 溶骨期　为早期病变，在患牙根周骨质破坏，由纤维结缔组织所代替。表现为根尖周有边界较清楚的骨质破坏的透射区，常累及多个牙的根尖周，如为单个病灶则与慢性根尖周炎难以区别，唯以牙髓活力存在可作鉴别（图 17-2-104（1））。

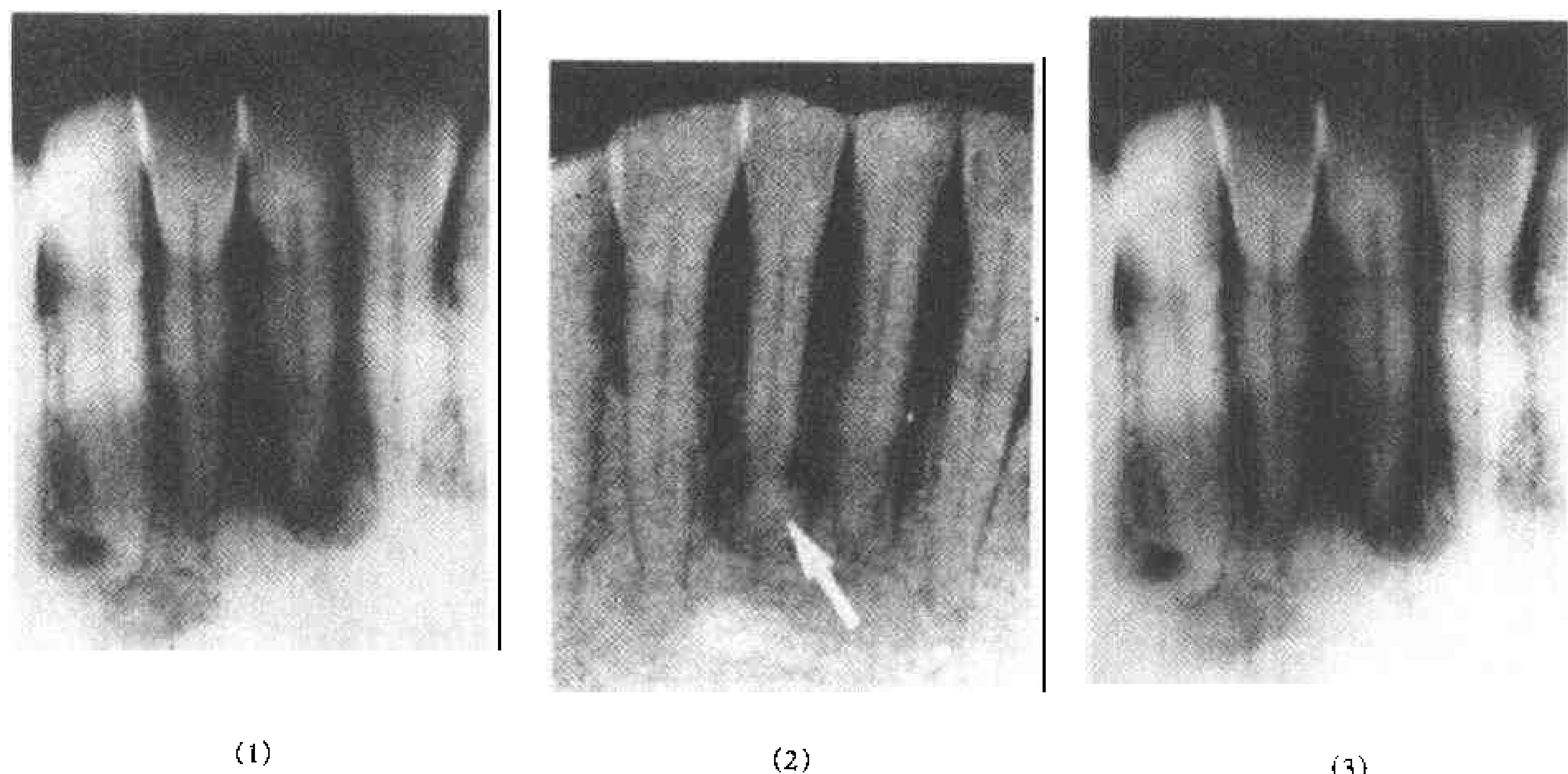
2. 牙骨质形成期　在患牙根尖增生的纤维结缔组织中，有部分牙骨质或球形牙骨质小体生成，故在骨质破坏区的中心，可见有致密的点状或小片团状钙化影（图 17-2-104（2））。

3. 钙化成熟期　病变由球形牙骨质小体与增生的骨组织结合而成，在根尖区呈界限清楚、致密度较高的钙团影，其周缘有一线状透射影（图 17-2-104（3））。

【鉴别诊断】 牙骨质异常增生应与良性成牙骨质细胞瘤有所区别。前者多发生于20岁以上女性，以下颌切牙根尖多见，常为多个牙受累，病变局限体积小；后者多发生于25岁以下男性青年，以下颌前磨牙和磨牙根尖区多见，常为单发，可长大形成致密而不均匀的钙化团块影，并与牙根尖粘着。

（十）巨大牙骨质瘤

巨大牙骨质瘤又称家族性多发性牙骨质瘤。本病不是真性肿瘤，而是一种特殊类型的牙骨质、骨异常增生。病损常为多发性对称性分布。中年女性多见，发展缓慢，无明显症状，但可致颌骨膨胀。好发于磨牙和前磨牙区，甚至上、下颌皆多发，呈



(1)　(2)　(3)

图 17-2-104　根尖周牙骨质异常增生

(1) 早期根尖周牙骨质异常增生。女性，25岁，$\overline{21|12}$根尖周骨质弥散性稀疏及破坏；(2) 与 (1) 图为同一患者，3年后，$\overline{1|}$根尖为牙骨质小体生成的钙化小团影；(3) 与 (1) (2) 图为同一患者，8年后，$\overline{1|1}$根尖钙化团影更致密，为牙骨质异常增生症的第二期

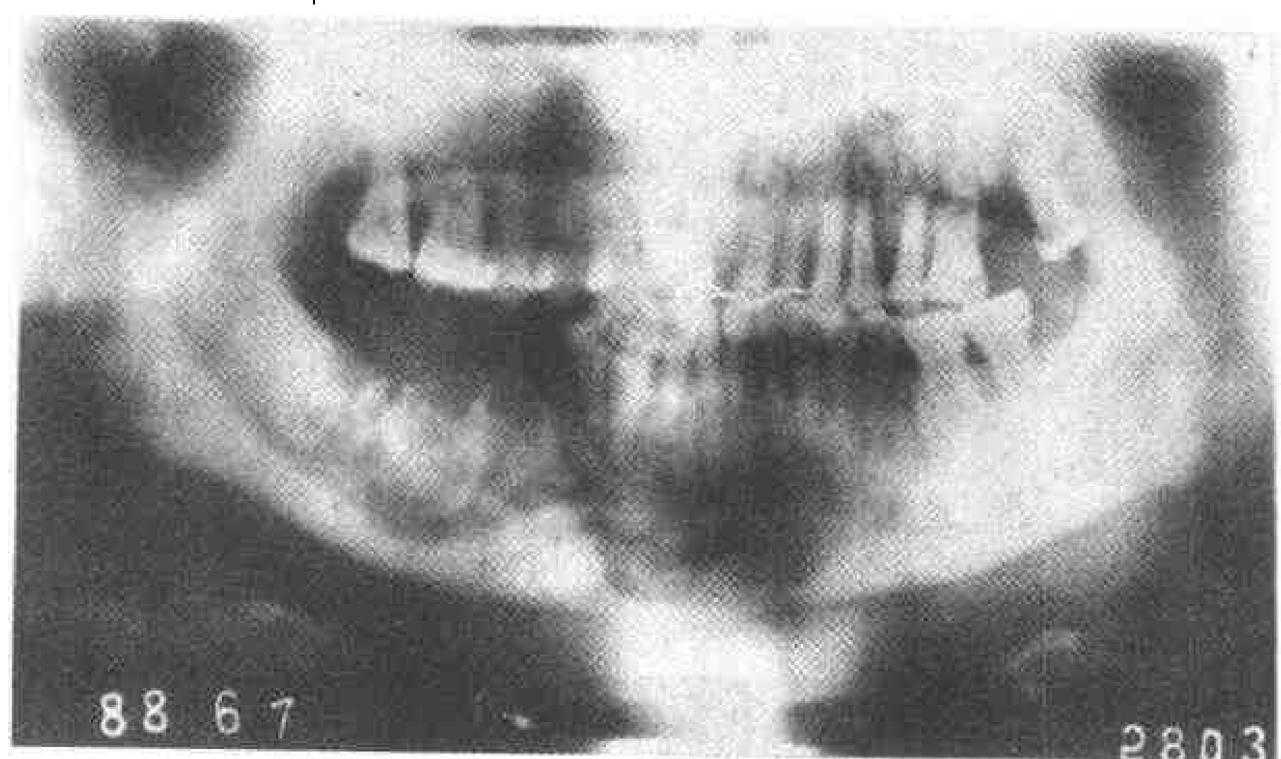


图 17-2-105　巨大牙骨质瘤

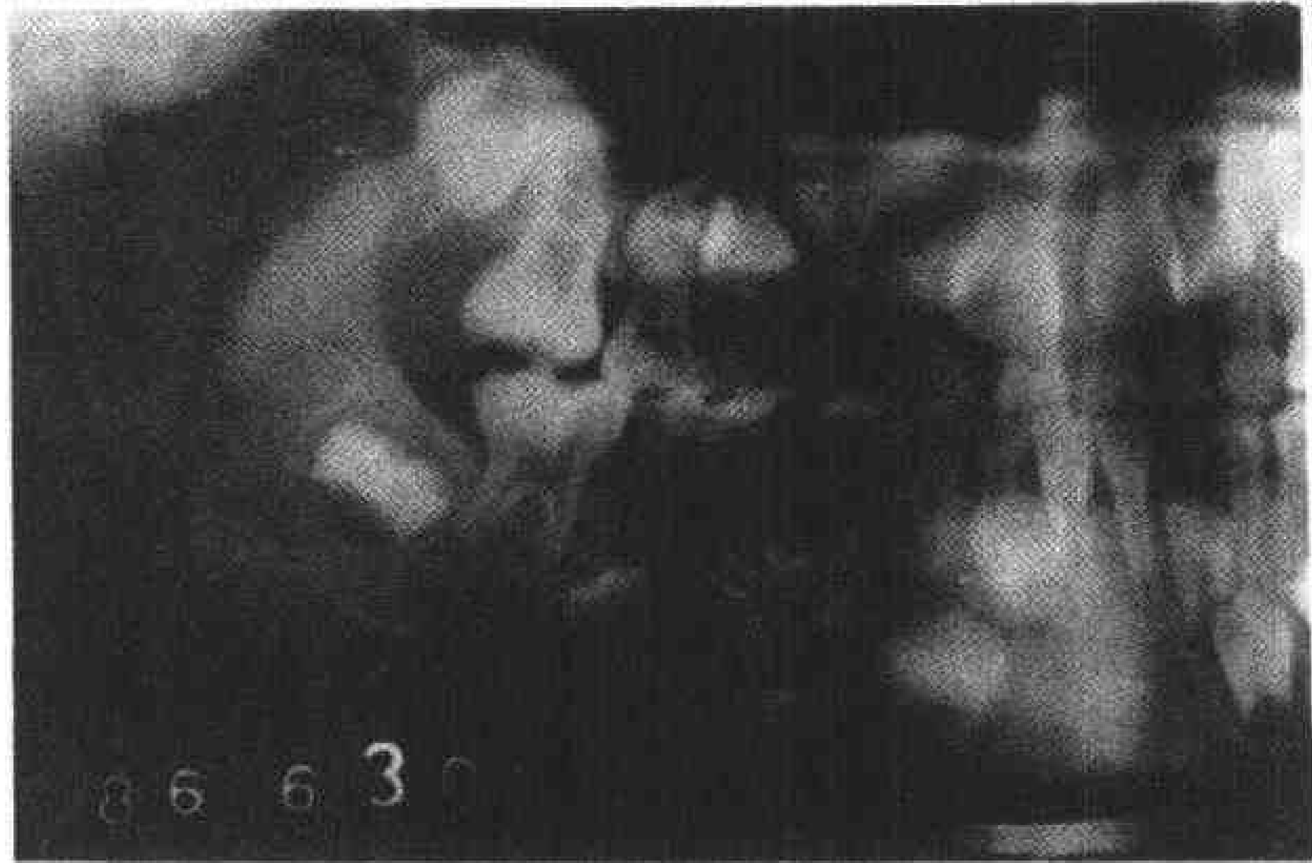
对称性生长而且弥散，故有人又称之为泛发性牙骨质结构不良。病变由致密的、高钙化的无细胞性牙骨质所组成。

【X线表现】 主要表现在左、右侧磨牙及前磨牙的根尖下正常的骨结构消失，呈广泛的、弥散的、不均匀的致密的片团影，严重者可累及前牙区。边界粗糙不齐，可见颌骨轻度膨大（图 17-2-105）。

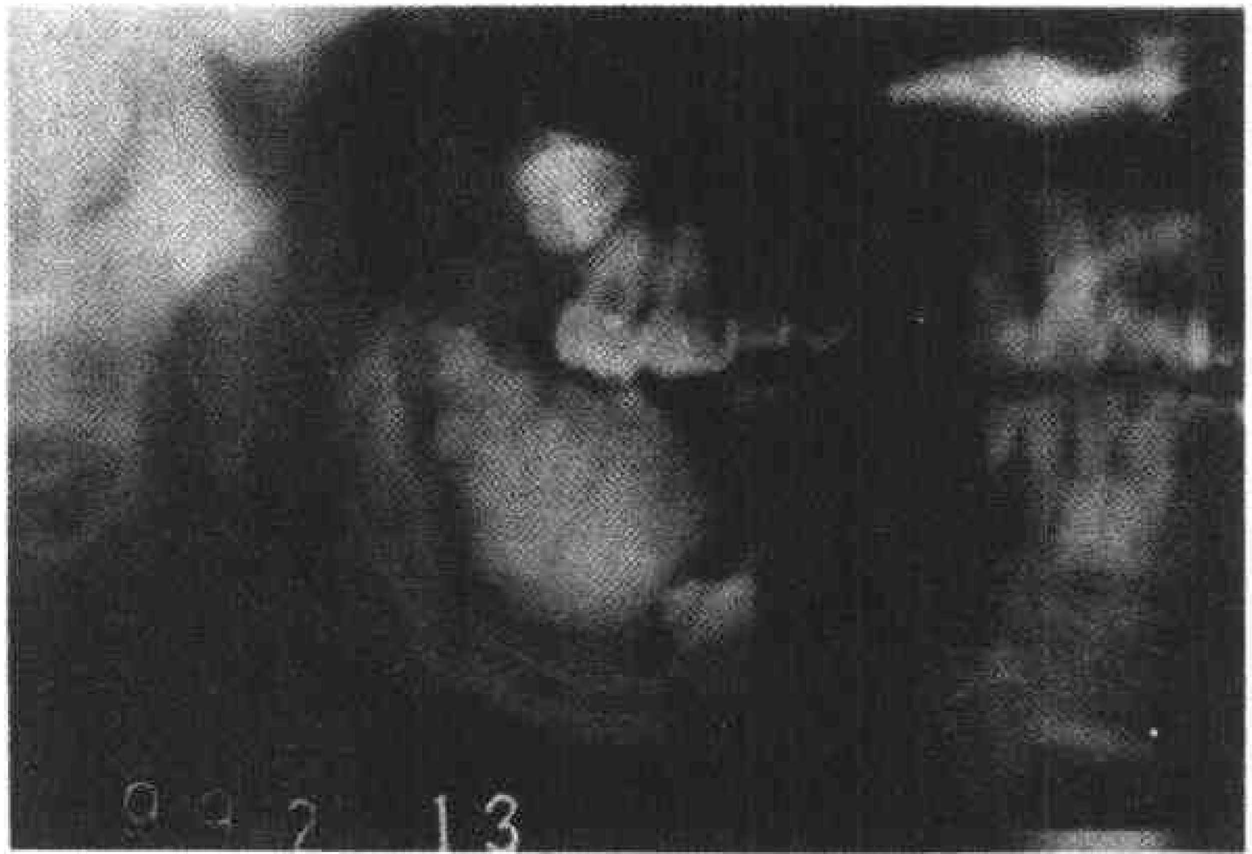
本病很少见。与本病有关的根尖周牙骨质异常增生、牙骨质化纤维瘤和良性成牙骨质细胞瘤，过去认为是牙骨质瘤的不同类型，现在多数认为这是骨源性病损。单凭X线影像有时难以确诊。最好应与临床检查及病理三结合作出最后诊断更恰当。

（十一）牙瘤

牙瘤是由牙胚组织发育异常增生而形成。较常见，多发于青少年，上下颌骨均可发生，以前磨牙和磨牙区多见。肿瘤内含有牙釉质、牙本质、牙骨质和牙髓。由于这些组织排列结构不同，可分为混合性牙瘤和组合性牙瘤。混合性牙瘤的瘤体内为牙釉质、牙本质、牙骨质和牙髓等互相混合形成一团紊乱的结构，不具有牙的形状，周围有纤维组织包膜；组合性牙瘤由许多形态不规则，大小不等，如



(1)



(2)



(3)

图 17-2-106 混合性牙瘤

(1) 左下颌$\overline{45|}$区混合牙瘤；(2) 左下颌磨牙区有较大的混合牙瘤；(3) 左上颌结节区混合性牙瘤



图 17-2-107 组合性牙瘤
上颌殆片 $\underline{4|1}$ 区牙瘤形成

米粒大小至接近正常牙大小的畸形牙组成。数目由数个到百余个不等。

【X线表现】 分为以下几型：

混合性牙瘤 由一些发育不全的牙胚组织形成边界清楚，密度甚高、但不均匀的钙化团块影，分辨不出牙的形状，呈现一团紊乱的致密影。肿块边缘围绕一层细窄的透光带，证明有完整的包膜。肿瘤可大可小。瘤的深部常见有恒牙阻生（图 17-2-106）。

组合性牙瘤 表现为多数大小不等、形态不定、类似发育不全的畸形牙堆积成致密的团影。肿块的大小由含牙胚的多少而定，小者只含数个畸形的牙胚组成；大者可由百余个的牙胚聚集而成大的肿块，可至颌骨膨胀，边缘亦有完整的包膜。下端常有恒牙阻生（图 17-2-107）。

囊性牙瘤 既有实性牙瘤又有囊肿的表现同时存在（图 17-2-108）。

（十二）成釉细胞牙瘤

成釉细胞牙瘤少见。以成釉细胞瘤与牙瘤发生于同一瘤体内。除少数病例外，均见于儿童。男性多见，上下颌均可发生，较多见于前磨牙及磨牙区。

【X线表现】 在囊样成釉细胞瘤的病变区中，含有似牙瘤状的致密团块影，如为多囊尚可与囊型牙瘤区别。如为单囊则二者难以从 X 线影像区别，最后应依据病理确诊（图 17-2-109）。

三、颌骨非牙源性良性肿瘤和瘤样病变

颌骨非牙源性良性肿瘤是由一般的间叶组织发生的，包括骨源性，即来自成骨性结缔组织的肿瘤以及由神经组织或血管组织来源的肿瘤。其种类甚多，较常见者分述如下：

（一）骨化性纤维瘤

骨化性纤维瘤又名纤维骨瘤。较常见，可发生于上、下颌骨。常见于儿童和青年人，性别无明显差异。肿瘤来源于颌骨内成骨性结缔组织，瘤组织

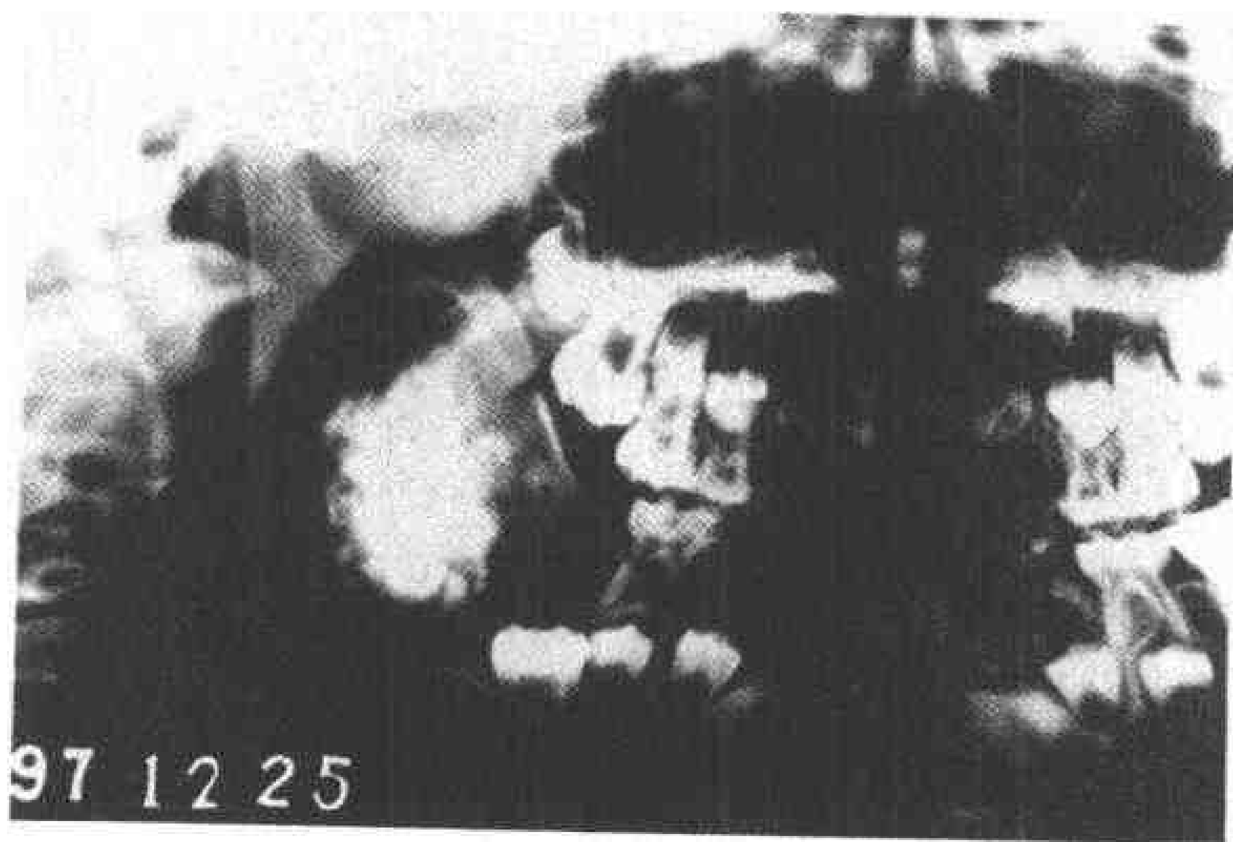


图 17-2-108 囊性牙瘤

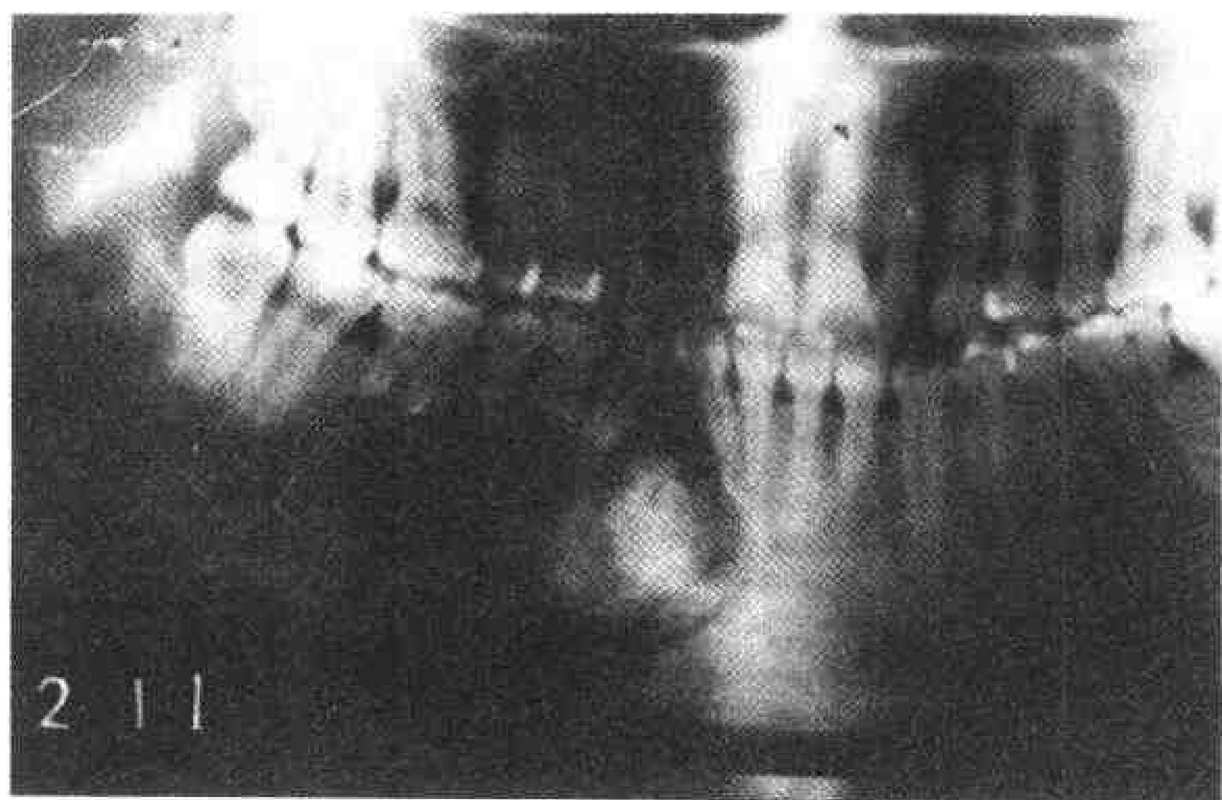


图 17-2-109 成釉细胞牙瘤

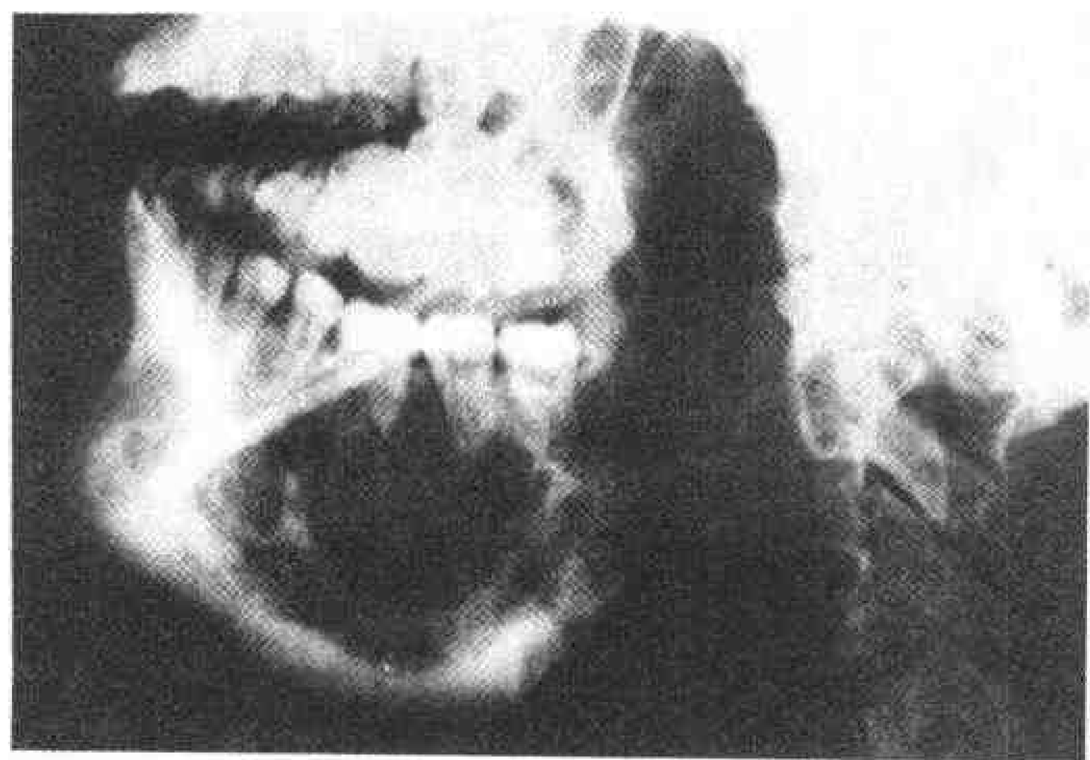
中由纤维性间质及各种矿化物两种基本成分构成，因所含纤维性间质和矿化物的比例各不相同，故各个肿瘤的组织相和 X 线改变也不一致。肿瘤有的有包膜。

【X 线表现】 随肿瘤组织中所含纤维间质和矿化物比例不同而呈多样化。根据华西医科大学口腔医学院病理科和 X 线确诊为骨化性纤维瘤的 104 例（1957—1990）进行了分析研究，按病变的密度形态将其分为四型：

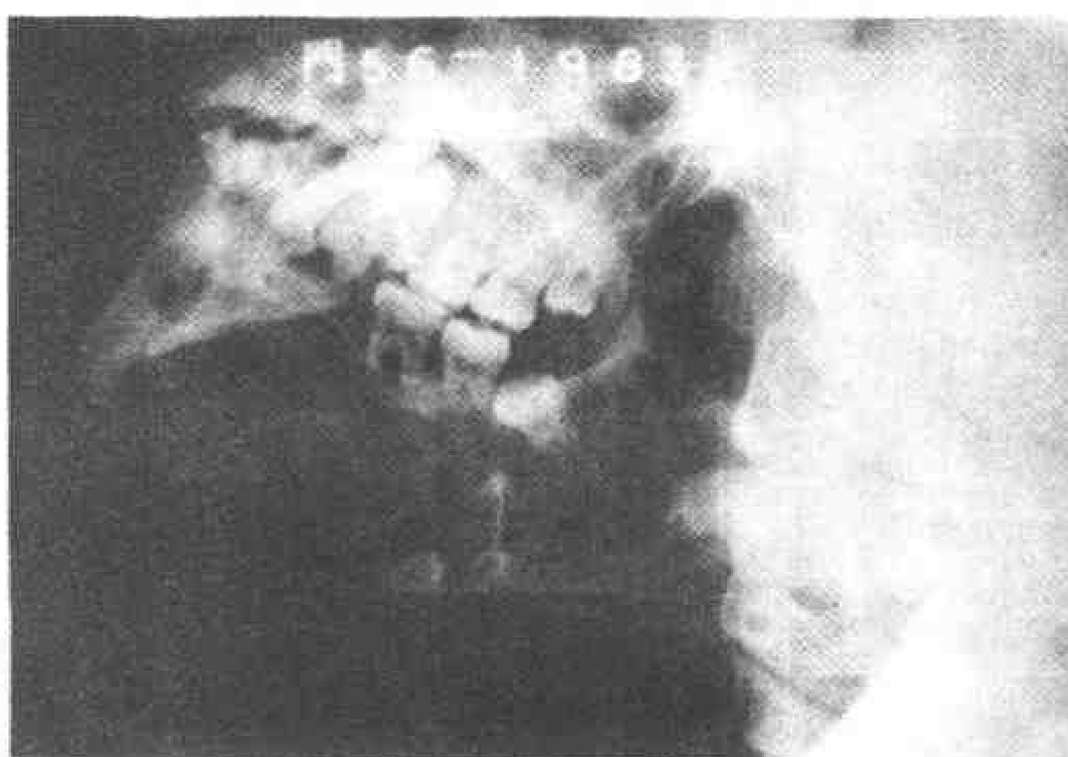
1. 囊样型 较多见，占 42.2%。此型肿瘤内以纤维组织为多，钙化团较少。正常骨组织吸收破坏，形成类圆形或不规则的多个房室改变，房室之间有多数粗细不匀的骨隔，排列错乱，无规律性，中心密度不均匀。也有呈单房性改变者，较少见。实际显示分隔极少而且很纤细（图 17-2-110）。牙常有移位，但牙根尖吸收少见。肿瘤甚大时可累及整侧颌骨，致其膨大畸形，骨皮质变薄，边界轮廓清楚，周缘较平滑无切迹状。

2. 毛玻璃样型 较少见，占 7.2%。肿瘤内正常骨结构消失被纤维间质代替，呈均匀一致的中等软性密度，似磨砂玻璃状，但边界清楚与正常骨分界明确（图 17-2-111）。

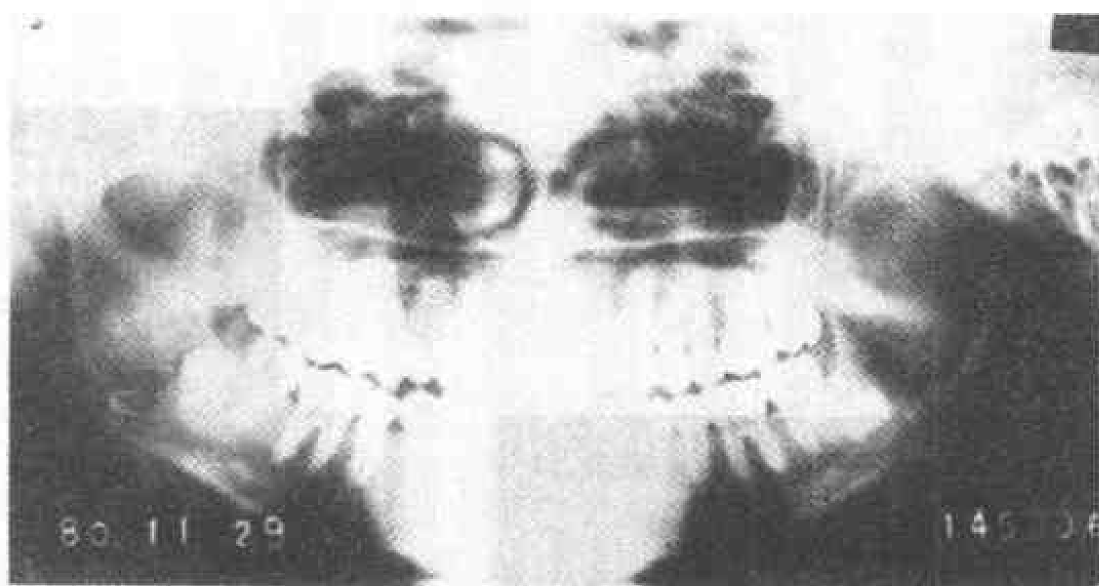
3. 硬化型 较少见，占 9.6%。肿瘤内主要是由矿化物组成，表现为由多数致密钙化小结节状影小如粟粒状融合成较大不规则的团块，又互相重叠密集成大的致密包块。团块之间有纤维组织条影间隔，边界清楚有时可有纤维包膜影（图 17-2-112）。



(1)



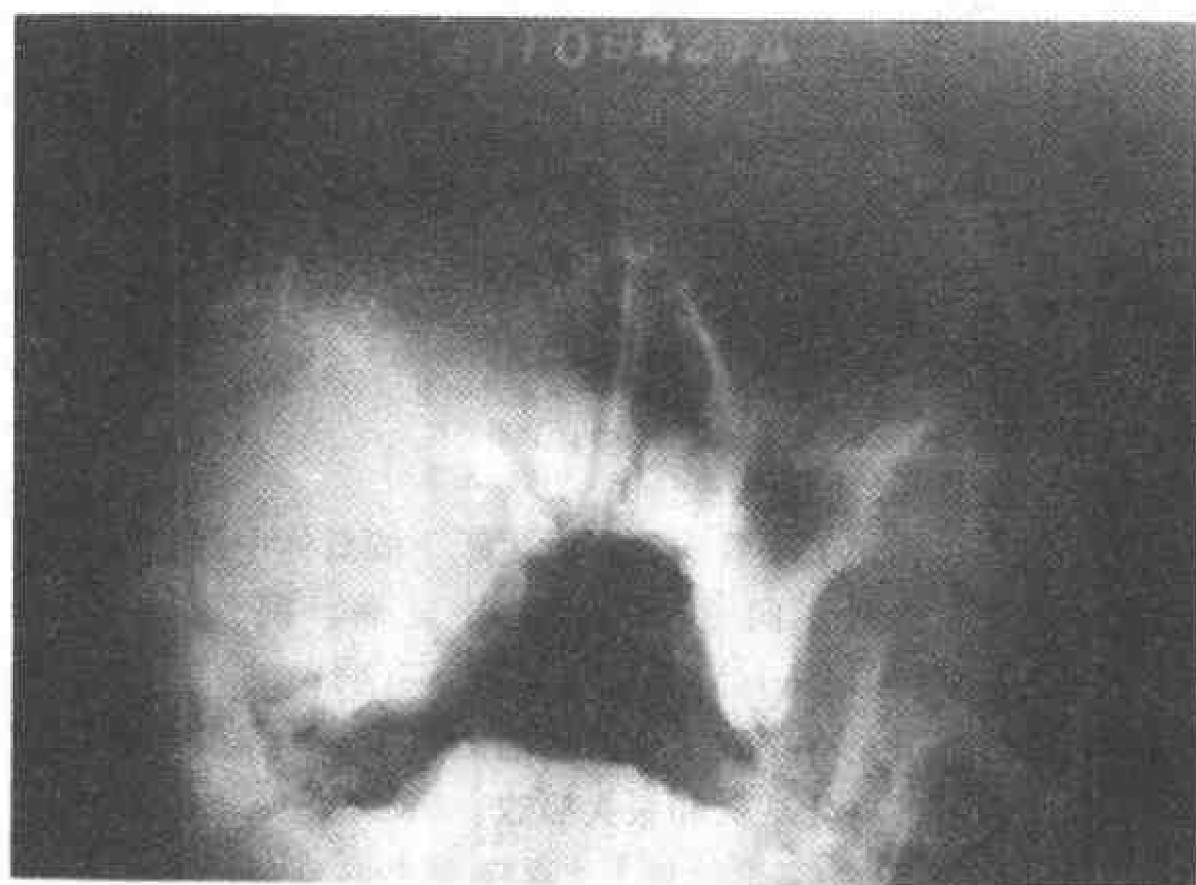
(2)



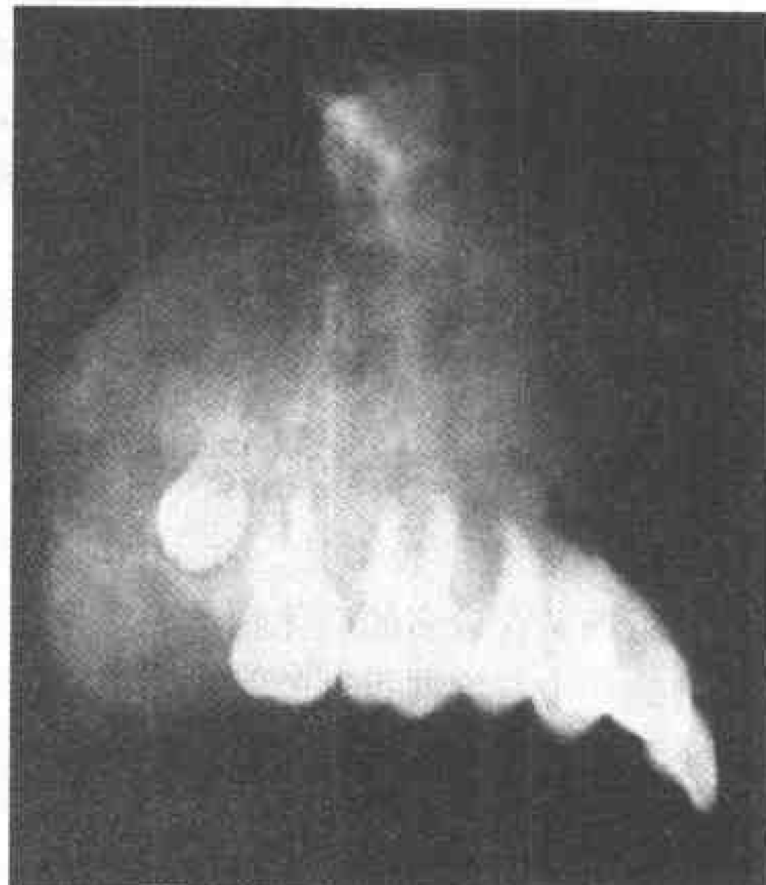
(3)

图 17-2-110 骨化纤维瘤囊性型

(1) 右下颌斜侧位 多囊型骨化纤维瘤；(2) 右下颌斜侧位 多囊型骨化纤维瘤，术前诊断为成釉细胞瘤，术后病理确诊；(3) 右下颌升支单囊型骨化纤维瘤。术前诊断为颌骨囊肿，术后确诊



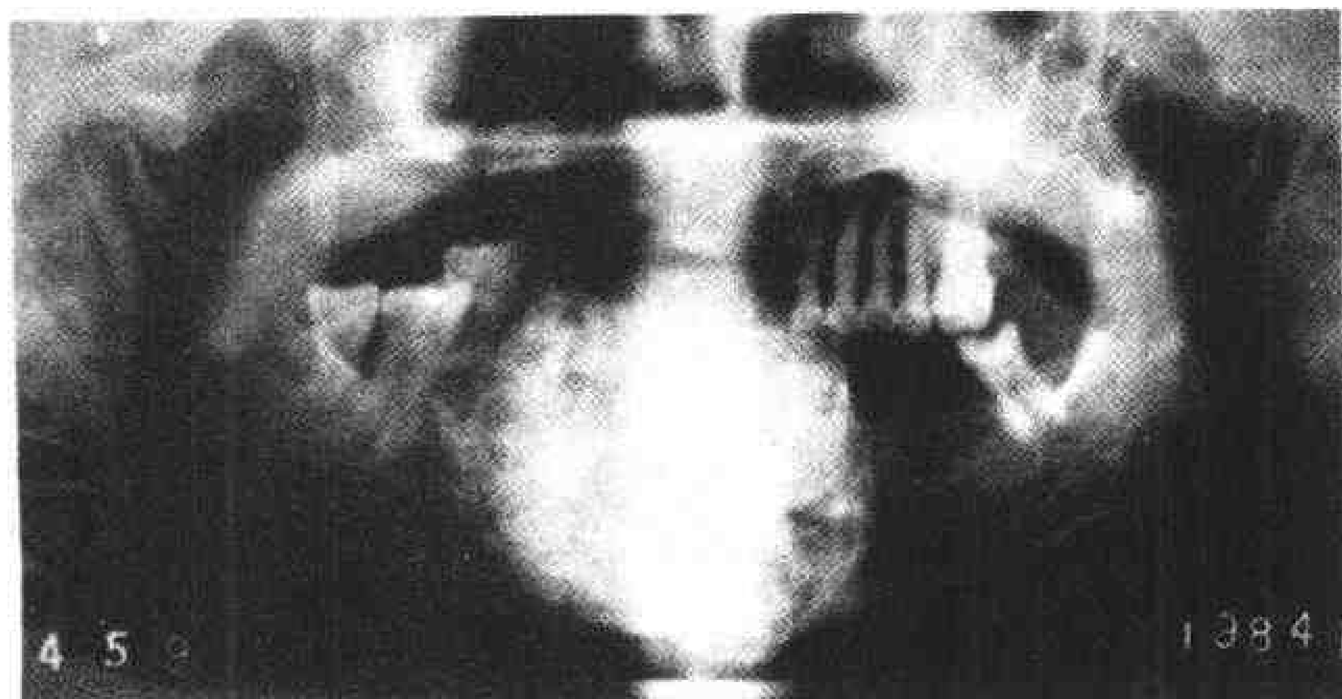
(1)



(2)

图 17-2-111 右上颌骨骨化纤维瘤（毛玻璃型）

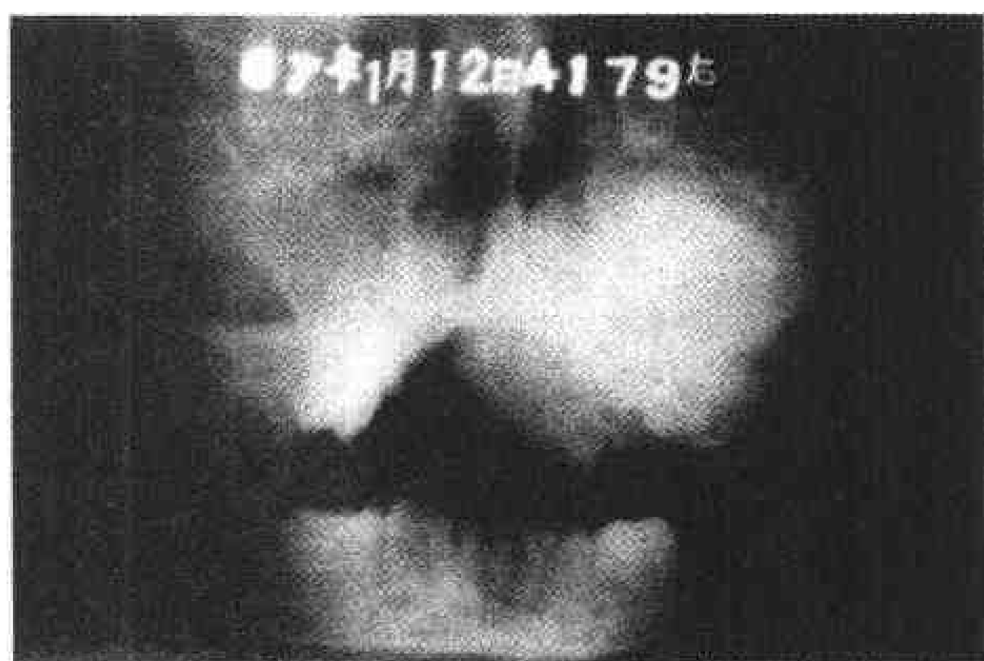
(1) 华特位 左上颌骨毛玻璃样骨化纤维瘤；(2) 为 (1) 的术后标本摄片



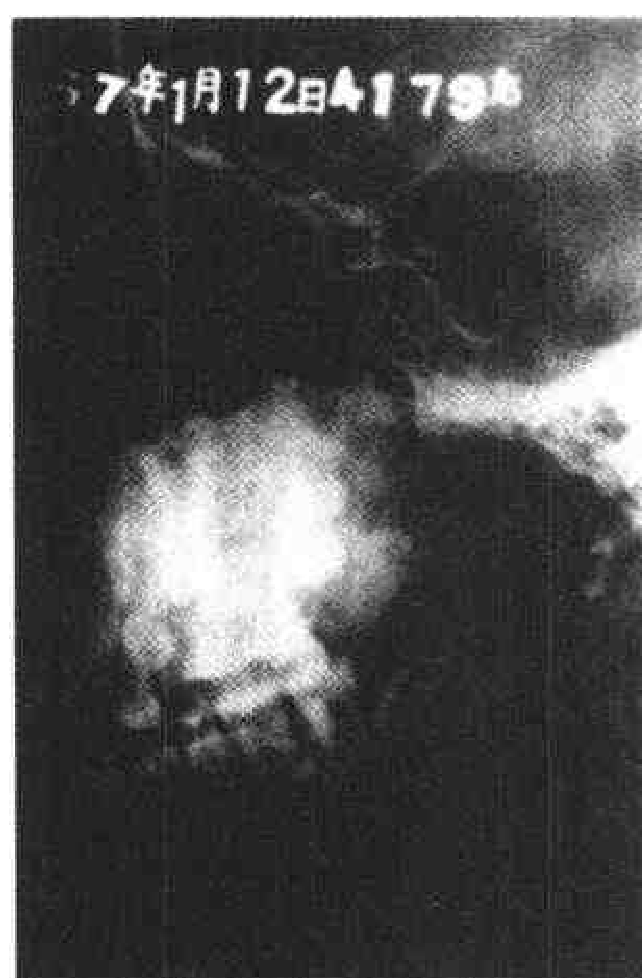
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-2-112 骨化纤维瘤（硬化型）

(1) 曲面体层片 下颌5┼6区有一圆形肿块，界清，有多数密集的结节状钙化影；(2)上颌侧位片 左上颌区巨大骨化纤维瘤，上至颅底，后达翼板，并累及对侧上颌骨，向前明显突起一肿块，内有密集的结节状钙化影，部分有融合；(3)华特位 右上颌有一巨大的密实的肿块，界清，有包膜；(4)侧位片 与(3)图为同一患者

4．混合型 较多见，占41.0%，肿瘤内既有纤维组织又含较多的矿化物。表现为在单房或多房性的病变中有不同程度的钙化影，致密的钙化团块大小不定，多少不等。多数病例边界较整齐，有的边缘不光滑（图 17-2-113）。

上述各型肿瘤皆有向四周扩张形成包块。发生于上颌骨者可向鼻腔、口腔、上颌窦突出或侵入窦腔，使窦腔受压变形或窦腔消失，造成窦腔骨壁破坏；下颌骨病变多发生于下颌骨体中部，常累及牙槽骨，向颊舌侧膨出显著。病变边界多数(90.4%)清楚，与正常骨有明确的界限，有的还可见有一细线条状透射的包膜影。常有牙移位，少数有牙缺失和根尖吸收。

【鉴别诊断】 囊样型主要难与成釉细胞瘤区别，成釉细胞瘤分隔较有规律，呈弧形，骨皮质常不完整，囊腔形状较规则，肿瘤内无钙化，牙槽骨

破坏明显，牙根尖常有不整齐的吸收。而囊样型骨化纤维瘤的分隔粗细不匀，参差排列不齐，边界较平滑无分叶状或切迹状。多数有包膜，与正常骨分界清楚，以此又可与骨纤维异常增殖症区别。

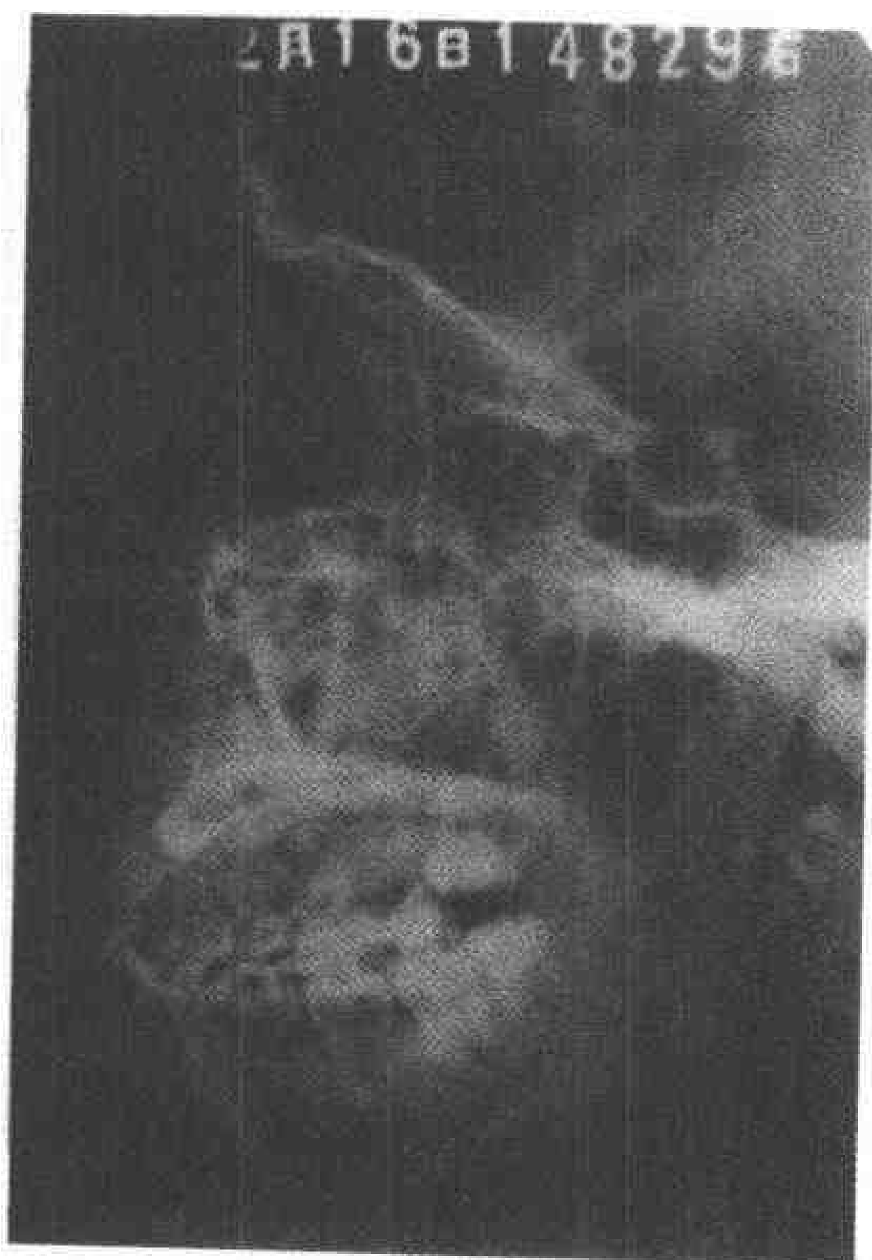
（二）幼年性骨化纤维瘤

幼年性骨化纤维瘤无论从临床表现、病理和X线表现皆具有一定的特点。在华西医科大学总结的颌面骨纤维病变272例中，有13例为JOF，发病年龄皆在15岁以下，最小者4岁。其病理特点是以细胞活跃，成骨功能强为特点。间质极疏松，骨细胞聚集成团状或条索状，并产生大量类骨质。出血、囊变、破骨细胞等均常见。

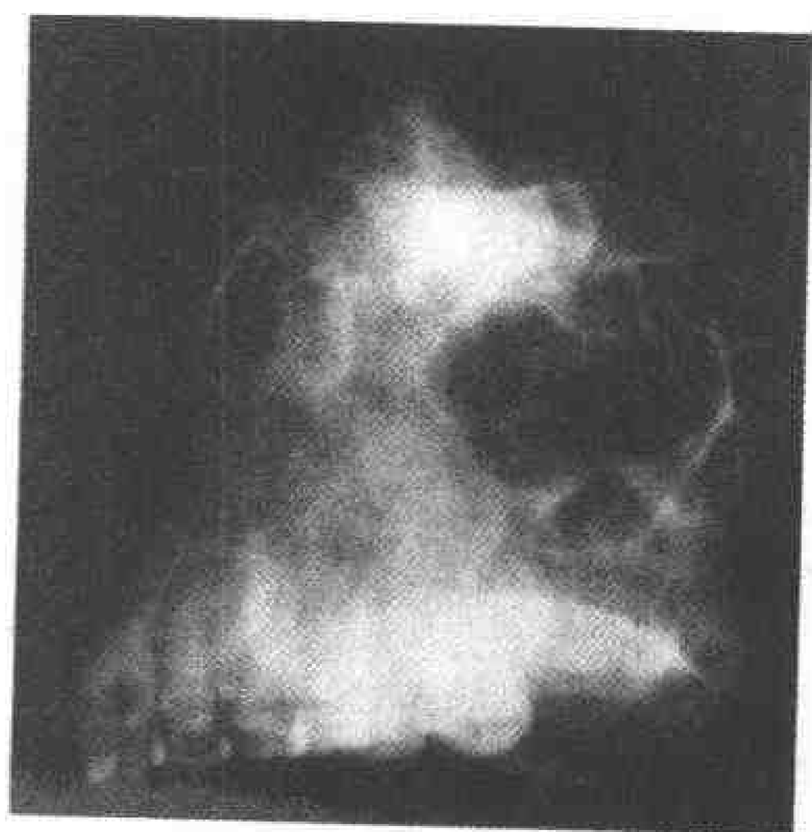
【X线表现】 扩张性生长明显，颌骨膨大显著。多数是多囊性改变，但部分有溶骨破坏，可穿



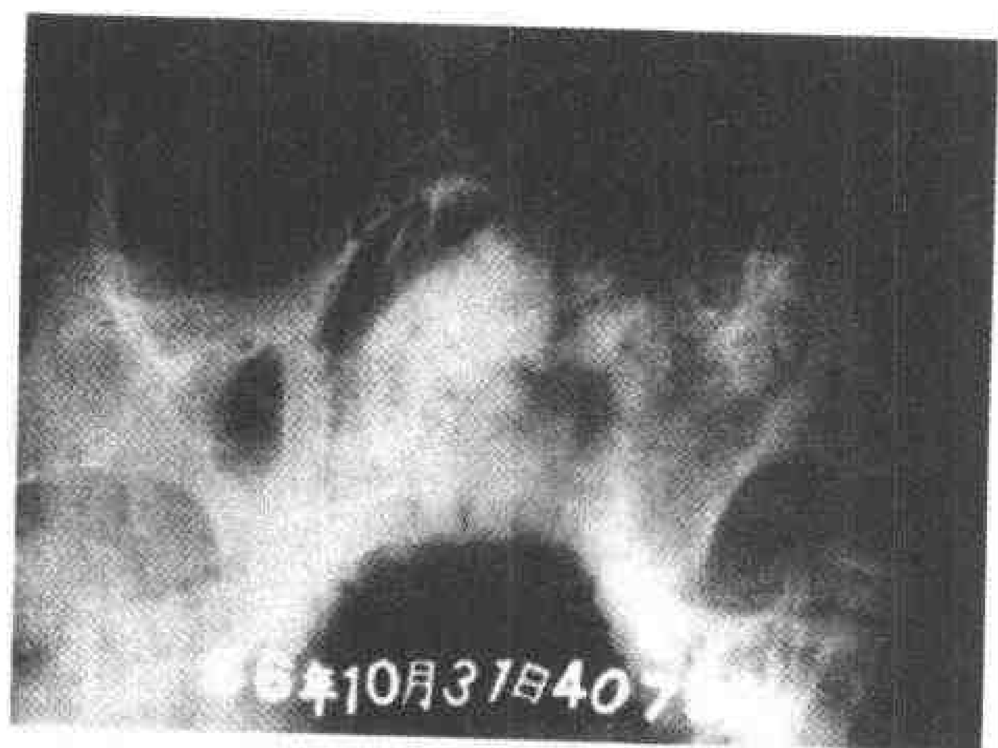
(1)



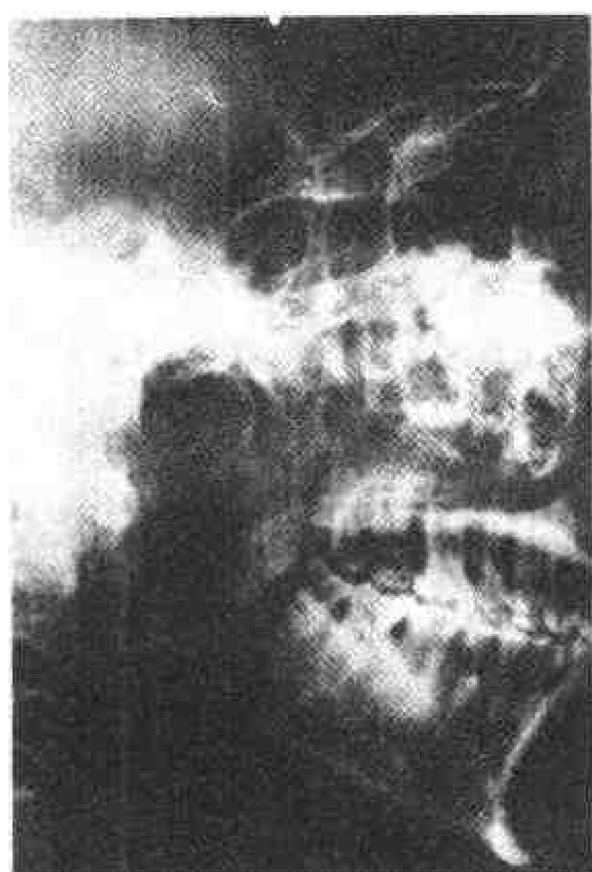
(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

图 17-2-113 骨化纤维瘤（混合型）
(1) 华特位 右上颌混合型骨化纤维瘤，主要是毛玻璃状、囊状，并有致密钙化影；(2) 与 (1) 为同一患者的侧位片；(3) 上颌标本摄片；(4) 华特位 右上颌混合型骨化纤，显示肿块内有多数钙化的小团块影；(5) 与 (4) 为同一患者的侧位片；(6) 右下颌混合型骨化纤维瘤 于乙状切迹下可见纤维组织包膜

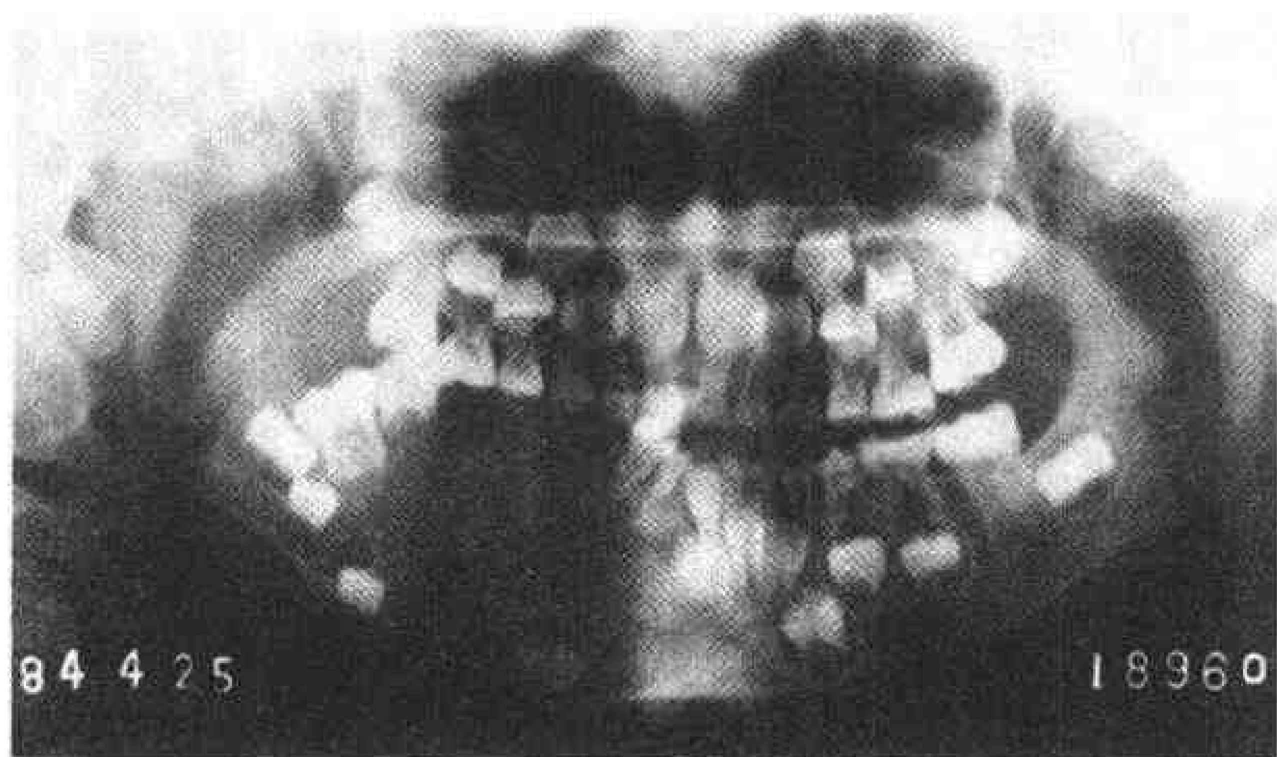
破密质骨向外膨出形成大的肿块。有的在肿块内可见多数排列不规则甚至放射状的粗细不匀的致密条索状影及钙化的斑块。牙移位明显（图 17-2-114）。

【鉴别诊断】 多囊性很难与牙源性粘液瘤等肿瘤区别，如图 17-2-114 就诊时临床诊断为成釉细胞瘤，X 线诊断为牙源性粘液瘤。如肿瘤扩张生长显著，肿块内有呈放射状的钙化影，因而不易与成骨肉瘤区别。故应提高对本病的认识。应从临床、X 线和病理三方面结合。

（三）骨瘤

骨瘤可发生于颌骨中央或周缘，分松质骨和密质骨骨瘤，前者疏松似松质骨，后者致密似密质骨。在同一骨内可多发。可发生于任何年龄，但多见于 40 岁以上，生长极缓慢，生长于颌骨中央者要长到较大时可致颌骨膨隆；发生于周缘者很小即可在皮肤或粘膜扪及硬性包块。如生长于喙突上可使开口受限，位于髁突者可致颜面歪斜及𬌗紊乱。

松质骨骨瘤剖面似海绵状，内有粗大骨小梁，外围有一层密质骨。密质骨骨瘤剖面呈均匀一致黄白色，似象牙的致密板层骨组成，有少量髓间隙。



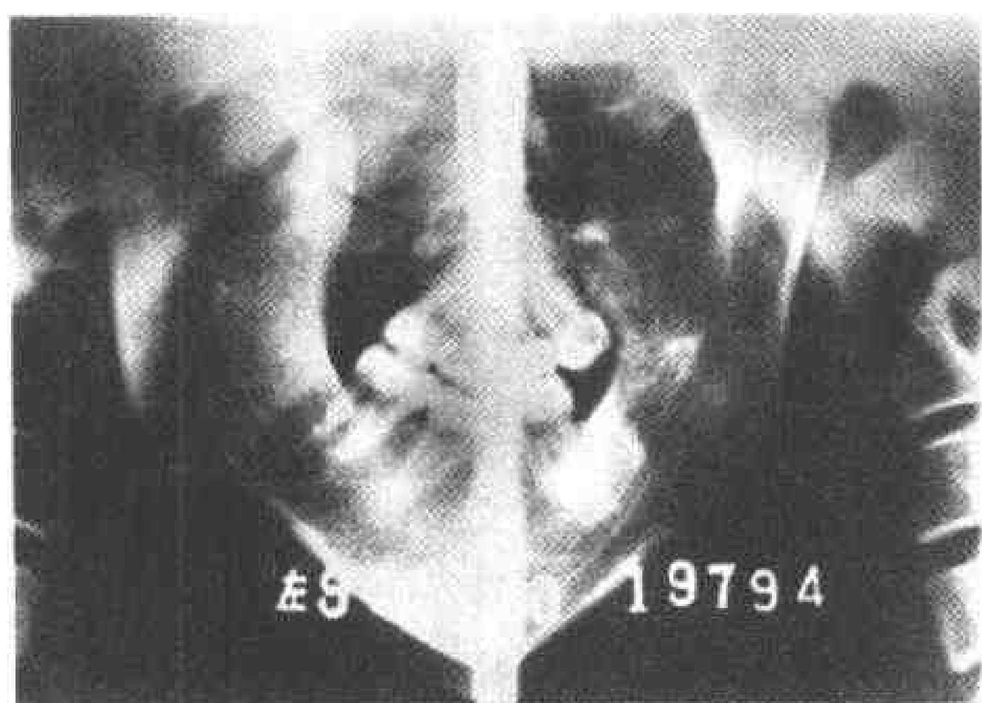
(1)



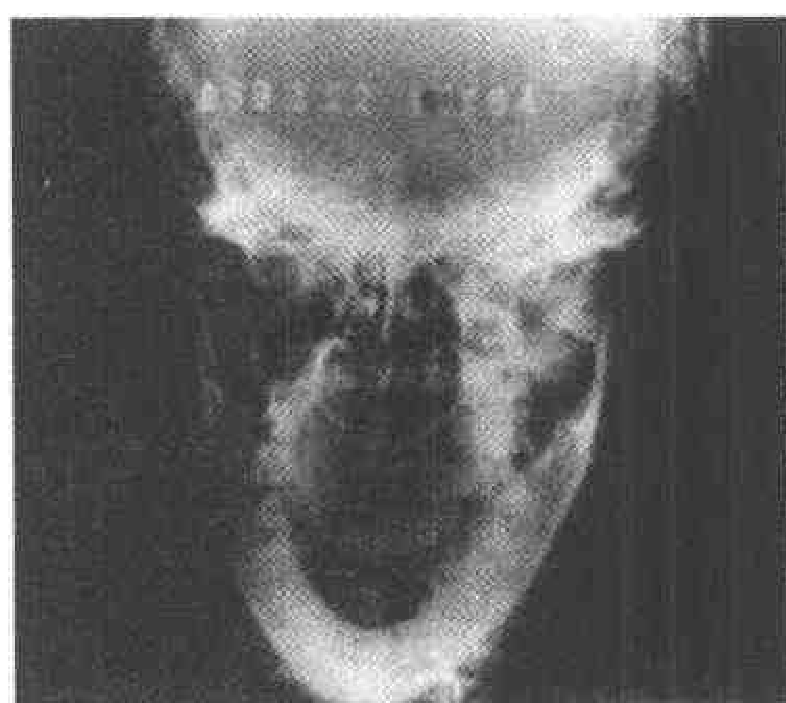
(2)

图 17-2-114　幼年型骨化纤维瘤

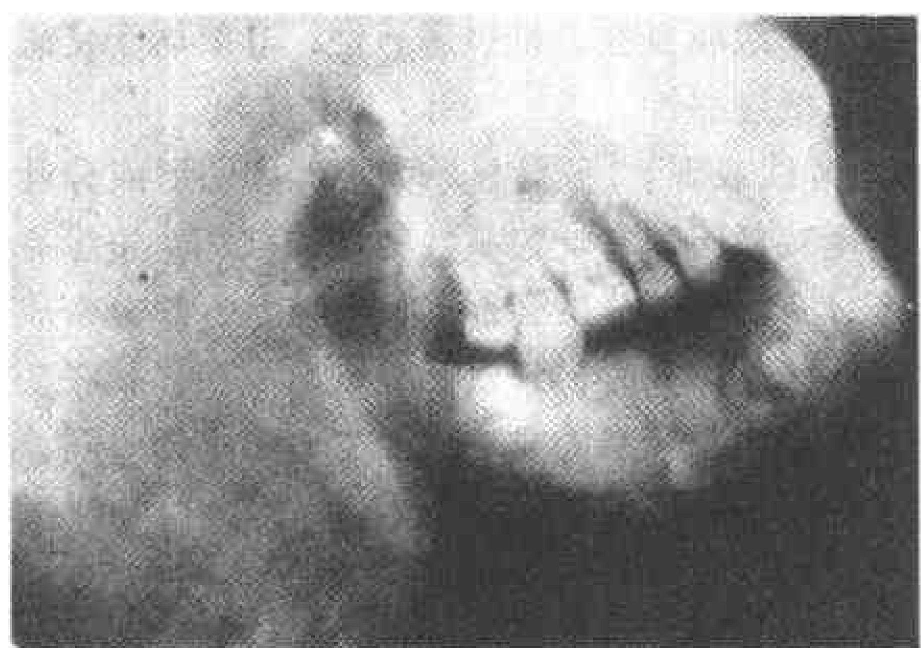
(1) 曲面体层片　左下颌骨体部有一多囊性病变，颌骨膨大显著下缘皮质骨吸收，并向牙槽突极度扩张，牙移位明显；(2) 上颌侧位片　左上颌向前突出一巨大肿块，并有多数粗细不匀，似放射状的骨隔和致密的钙化斑块影



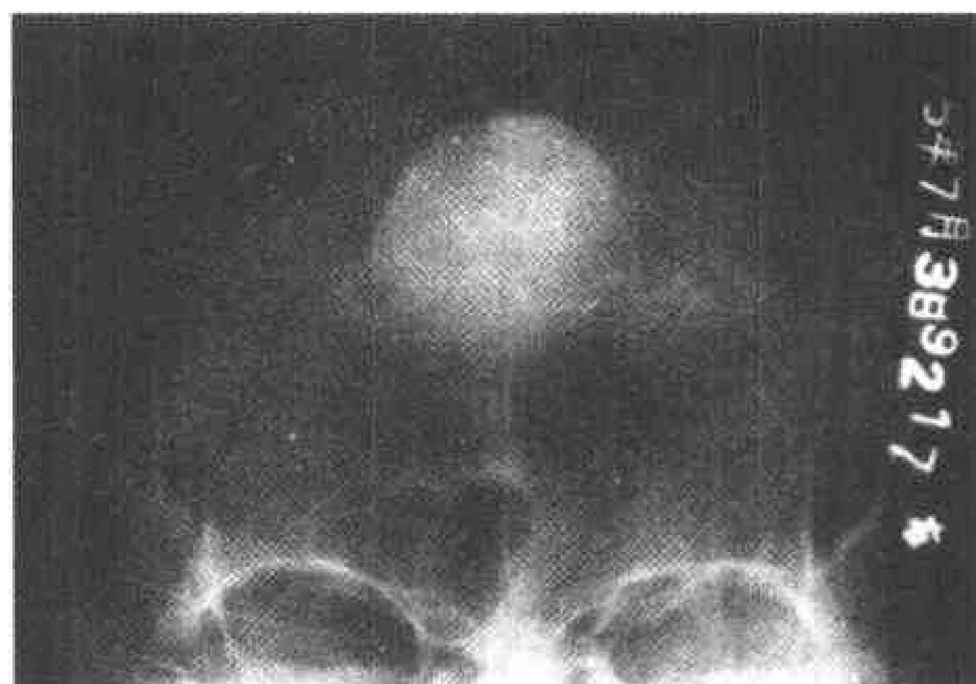
(1)



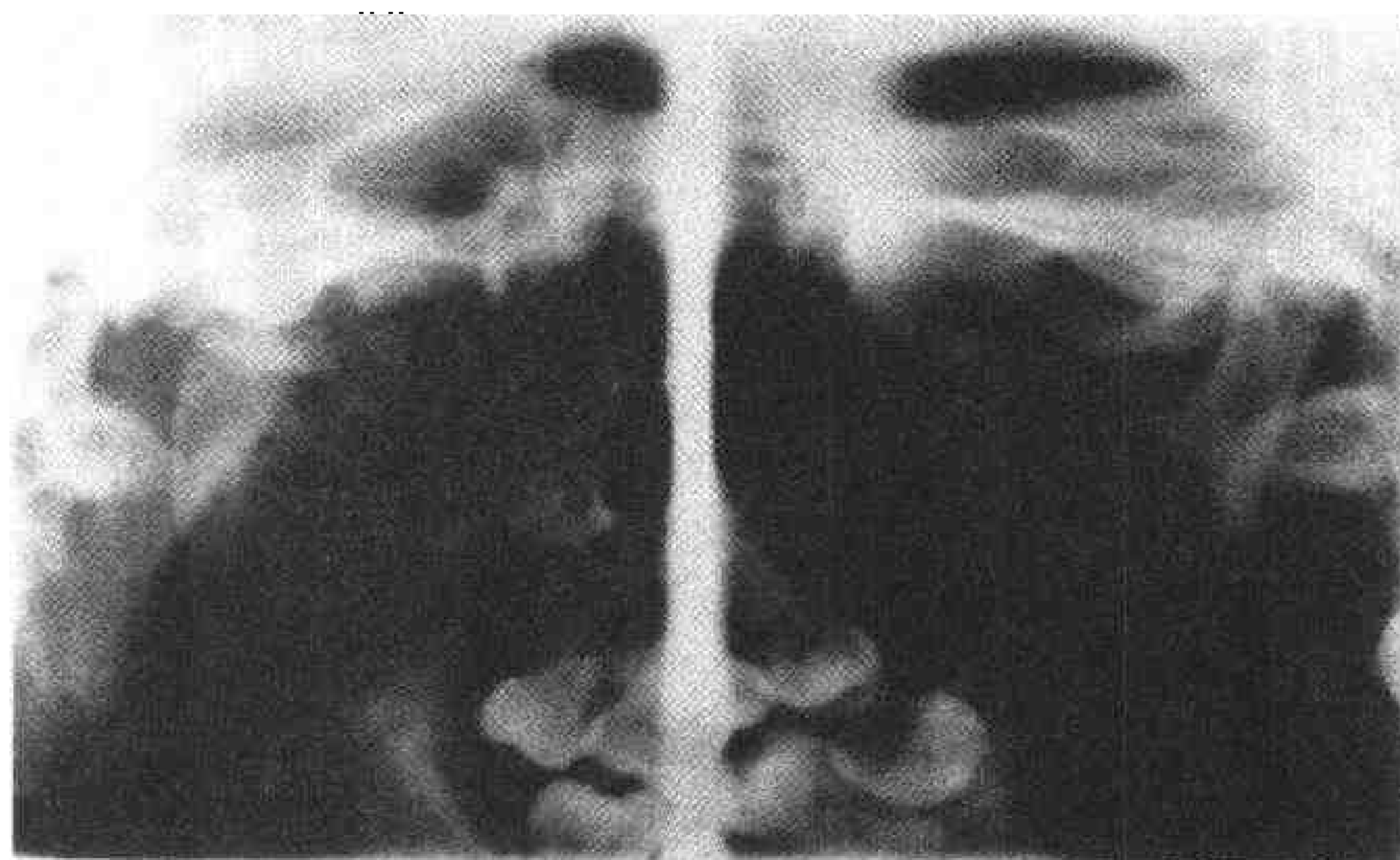
(2)



(3)



(4)



(5)

图 17-2-115 骨瘤

(1) 曲面体层颞下颌关节片 右髁突前上呈三角形骨质增生的致密团影；(2)后前位片 与(1)图为同一患者,显示右髁突内侧呈三角形骨质增生的致密团影；(3) 左下颌骨中枢性致密型骨瘤；(4) 额骨致密型骨瘤；(5) 曲面体层颞下颌关节片 左髁突海绵型骨瘤，左髁突前分骨质增生，有细薄骨皮质，中心有稀疏紊乱的骨纹，形成似双突畸形

【X线表现】 海绵型较多见,呈一圆形或半圆形的骨性突起,基底部较宽,边缘光滑。肿瘤外层的密质骨与正常密质骨连续,其内骨松质与正常骨小梁不相连续。无骨质破坏和骨膜反应(图 17-2-115(5))。

致密型骨瘤较海绵型少见。发生于颌骨中央时呈极为致密的钙化团影,边缘整齐光滑;如发生于周缘时,多见于下颌角部外侧,肿瘤边缘光滑,内部结构均匀密实如象牙状(图 17-2-115(1)~(5))。

【鉴别诊断】 骨瘤应与外生性骨疣区别，后者为局限的结节状增生，在口腔以骨隆突的形式出现。如腭隆突和下颌隆突。

(四) 软骨瘤

软骨瘤颌骨较少见。呈典型的软骨或粘液软骨肿瘤,虽为良性肿瘤,但有局部侵蚀性。上颌常发于前部牙槽突或硬腭,向上可侵人鼻旁窦;在下颌骨常见于体的后部、喙突或髁突。多生长在骨的周缘。位于喙突者可致开口受限,为髁突者可致颌骨歪斜。

【X线表现】 位于颌骨中枢者，病变区呈骨质破坏密度减低，其中有多少不等的钙化斑块，可见颌骨有颊舌侧膨隆，牙根可吸收。位于颌骨周缘者，从骨的外层增生突起，密度比软组织稍高的肿块、边缘整齐光滑，其中可见部分钙化的斑块（图 17-2-116)。

(五) 巨细胞瘤及巨细胞肉芽肿

巨细胞瘤很少发生于颌骨，而巨细胞肉芽肿在颌骨较多见。

巨细胞瘤又名破骨细胞瘤。多发于成年人，无性别差异。肿瘤巨检，受累骨局部肿大密质骨变薄如壳状，无包膜，松质骨大部或全部消失，而被灰黄或暗红色瘤组织替换，质软而脆。常有出血、坏死及囊性变。镜下见主要由巨细胞和呈梭形、卵圆形的间质细胞组成，一般不见骨和骨样组织。根据间质细胞和巨细胞的形态学特点，可分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级。Ⅰ级属良性，Ⅲ级属恶性，Ⅱ级居于良恶之间或属低度恶性。

【X线表现】 颌骨显示为类似卵圆形或分叶形的密度减低区，有均匀一致的骨质破坏，边缘有的清晰，有的不太清晰，部分呈波浪状，部分密质骨变薄。肿瘤增大时，致密的骨皮质可明显膨胀变非薄。肿瘤中有纤细的或多或少方向不定的骨隔、形成大小不等的小房或蜂窝（图 17-2-117)。肿瘤显著膨胀生长，部分密质骨破坏缺损，穿破骨皮质形成软组织肿块者，表示肿瘤生长活跃可属Ⅱ级病变。如X线片上显示密质骨较广泛破坏呈侵蚀性生长，边缘模糊不清者应考虑为Ⅲ级属恶性。



(1)



(2)

图 17-2-116　软骨瘤

(1) 颞颌关节侧位体层片　体层近外侧层面，左髁突顶上有一较致密的团影；(2) 颞颌关节侧位体层片　与 (1) 为同一患者体层近内侧层面，在髁突顶有一团似马鞍形的较致密的团影

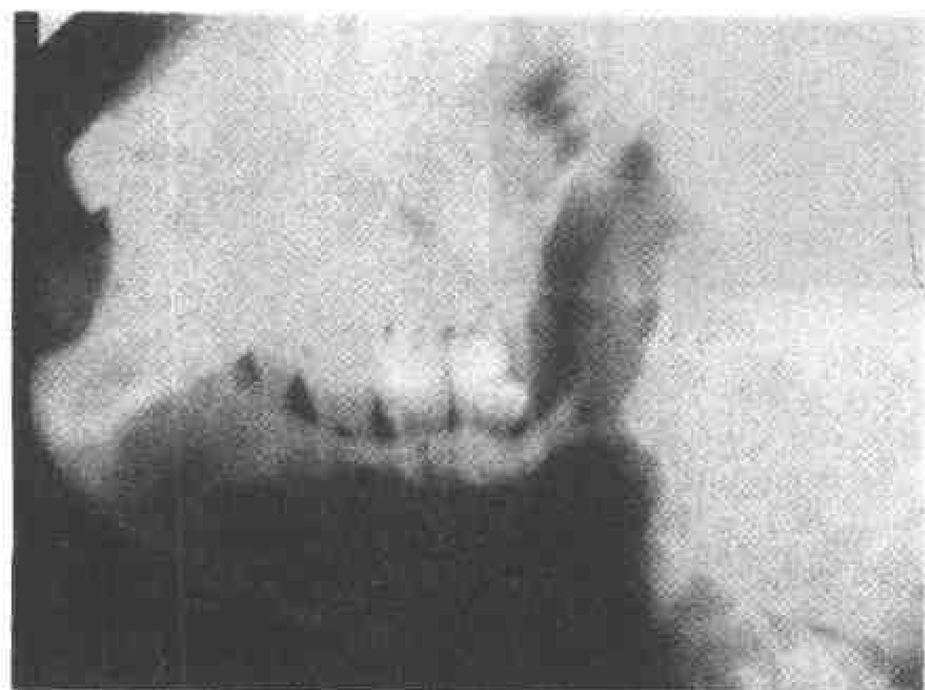


图 17-2-117　右下颌骨巨细胞瘤

巨细胞肉芽肿　本病与巨细胞瘤临床上很难鉴别。实际上巨细胞肉芽肿发生于颌骨更多见。多发生于20岁以下，女性较男性多见，下颌比上颌多见。好发于下颌前磨牙和上颌尖牙区。在病理形态上，巨细胞肉芽肿的巨细胞较少，分布不均匀，常围绕出血处呈灶性堆积；间质细胞分化较成熟，有较多纤维形成，可有炎细胞浸润；可见骨样组织及编织状骨小梁。

巨细胞肉芽肿可能是对颌骨内出血或损伤的反应。为良性病变，单纯刮除效果良好。

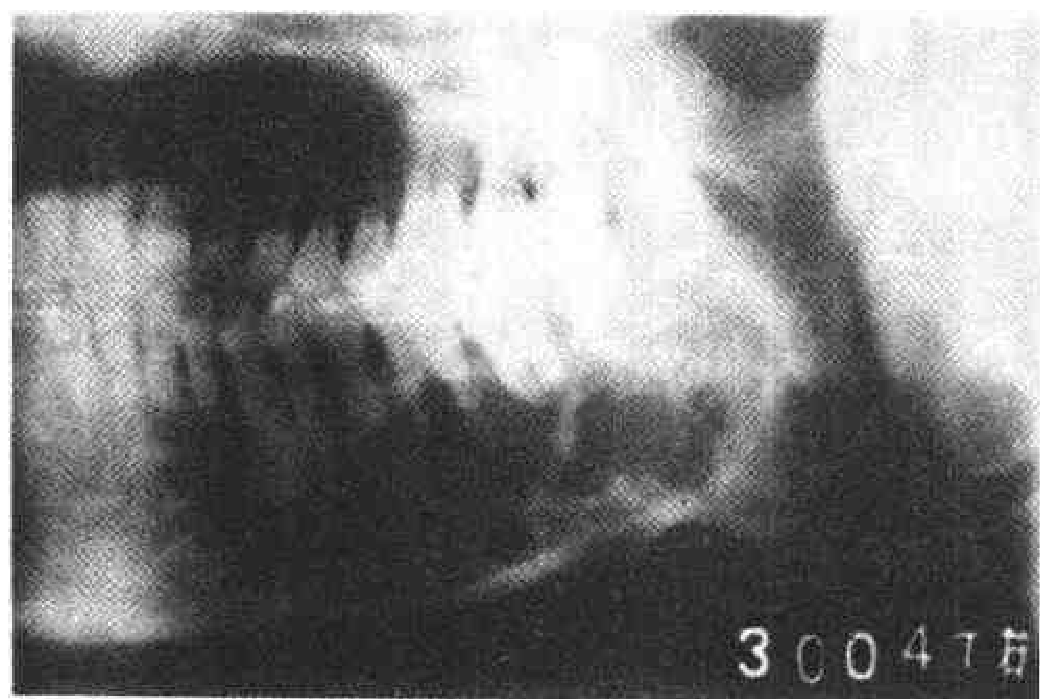
【X线表现】 在颌骨中多呈卵圆形或分叶状的骨质破坏区，边缘清楚但不光滑，牙槽突骨质溶解破坏区少有细薄的骨隔。可使颌骨膨胀骨皮质变薄，并可穿破骨皮质向外突出，其上覆盖有薄层骨膜新生骨。下颌病变一般向颊、舌侧扩张程度小于近、远中的扩大，骨腔内有不完全的分隔，形成多房状或有似舌形嵴。常见有邻牙移位和牙根吸收(图 17-2-118)。

【鉴别诊断】 在X线像上巨细胞瘤和巨细胞肉芽肿不易鉴别。前者好发于20岁以上的成年人，边界不齐欠清晰，病变区很少见有新骨形成征象。除此，还应与成釉细胞瘤、骨化纤维瘤等疾病鉴别。

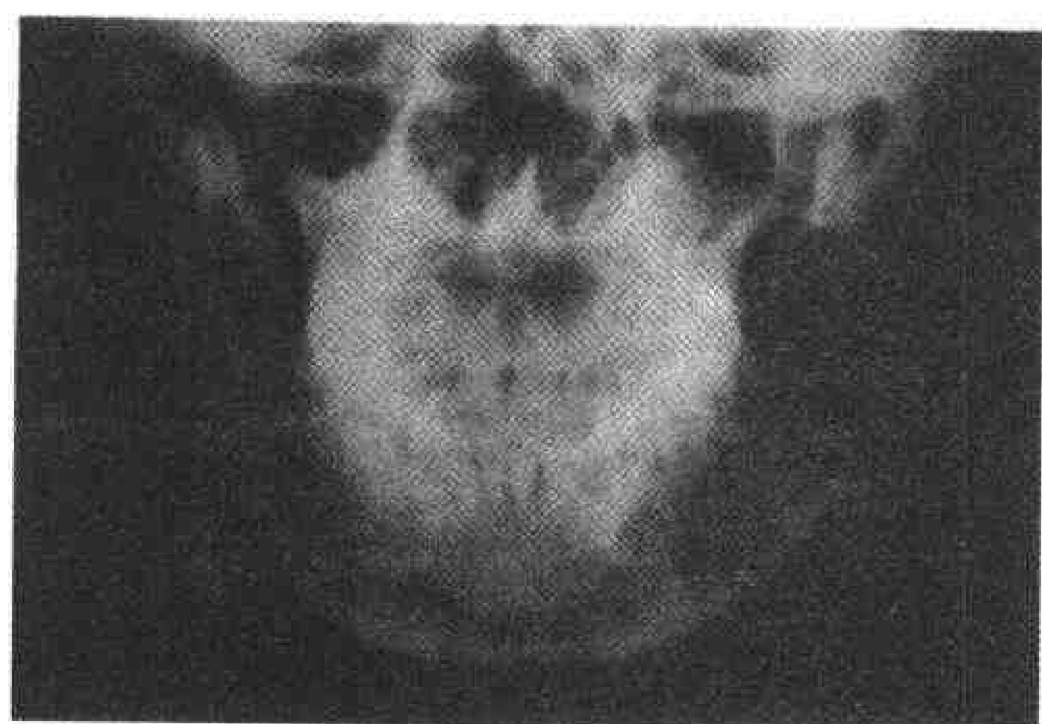
(六) 颌骨血管瘤

血管瘤好发于面颈部皮肤、唇、舌、颊、龈、腭等处软组织。发生于颌骨内较少见，但其重要性在于若对其认识不足，虽然作活检或拔除病区牙，可导致出血不止甚至大出血危及生命。X线诊断具有重要的意义。

颌骨血管瘤一般分为海绵状血管瘤和蔓状血管瘤两类，后者又称动静脉血管瘤。海绵状血管瘤由大而薄壁的小血管和血窦所形成。蔓状血管瘤主要是由血管显著扩张的动脉与静脉直接吻合而成。颌骨血管瘤下颌骨发病率高于上颌骨。表现为生长缓



(1)



(2)

图 17-2-118 巨细胞修复性肉芽肿
(1) 曲面体层片 右下颌体部有一多囊性病变，界不清，病理确诊为巨细胞修复性肉芽肿；(2) 后前位片 与 (1) 图为同一患者

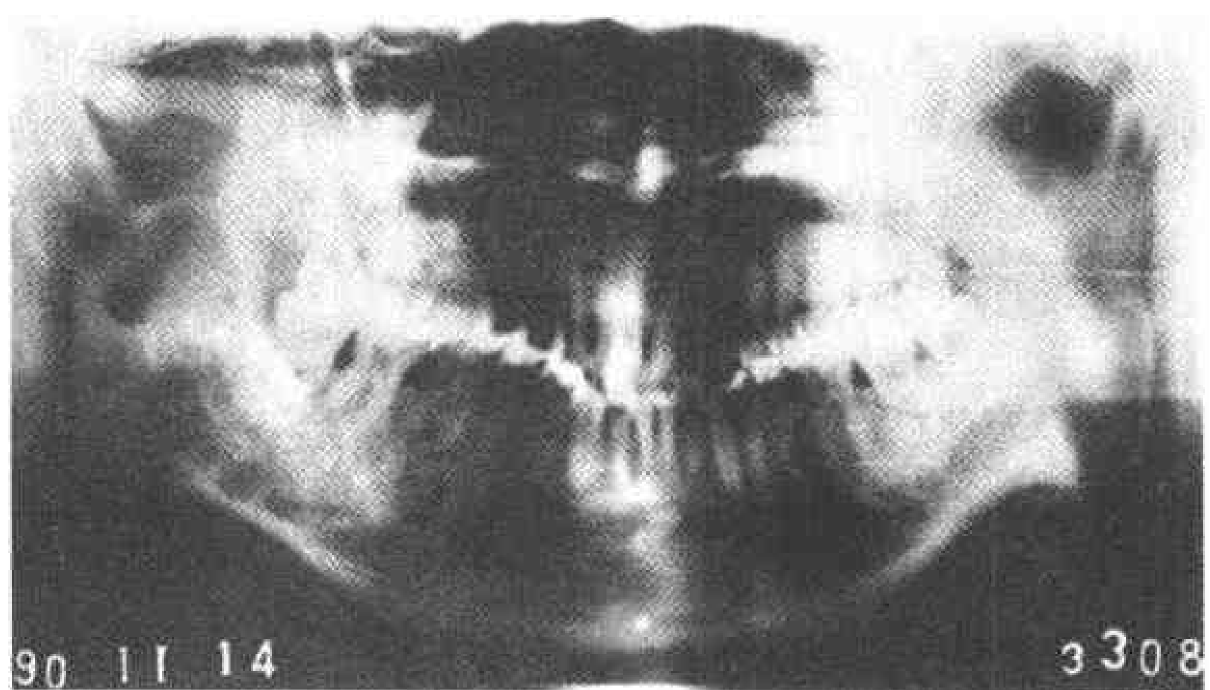
慢无痛性肿块，常有牙龈反复出血的病史，牙可松动移位。蔓状型者扪诊时可有震颤感，听诊时有流水声和吹风样杂音。

【X线表现】 颌骨似溶骨性破坏，可有轻度膨胀，使骨皮质变薄。骨髓腔间隙增大，多数骨小梁消失，呈不规则的多房性密度减低区，有多数纤细骨隔形成网格状，或自病变中心向周围发射形成似皂泡样。有的显示颌骨膨胀较明显，也有不显著者。邻牙可见被推压移位或有牙缺失，牙根可有吸收。如为中央性蔓状血管瘤，由于有较大的动脉输入，在下颌，常可见下颌孔明显扩大呈喇叭状，下颌管亦明显扩大（图 17-2-119）。由输入动脉造影可见牙槽动脉明显迂曲扩张，经下颌神经管，然后通至皂泡样瘤体区。面颊部软组织海绵状血管瘤可见到静脉结石（图 17-2-120）。

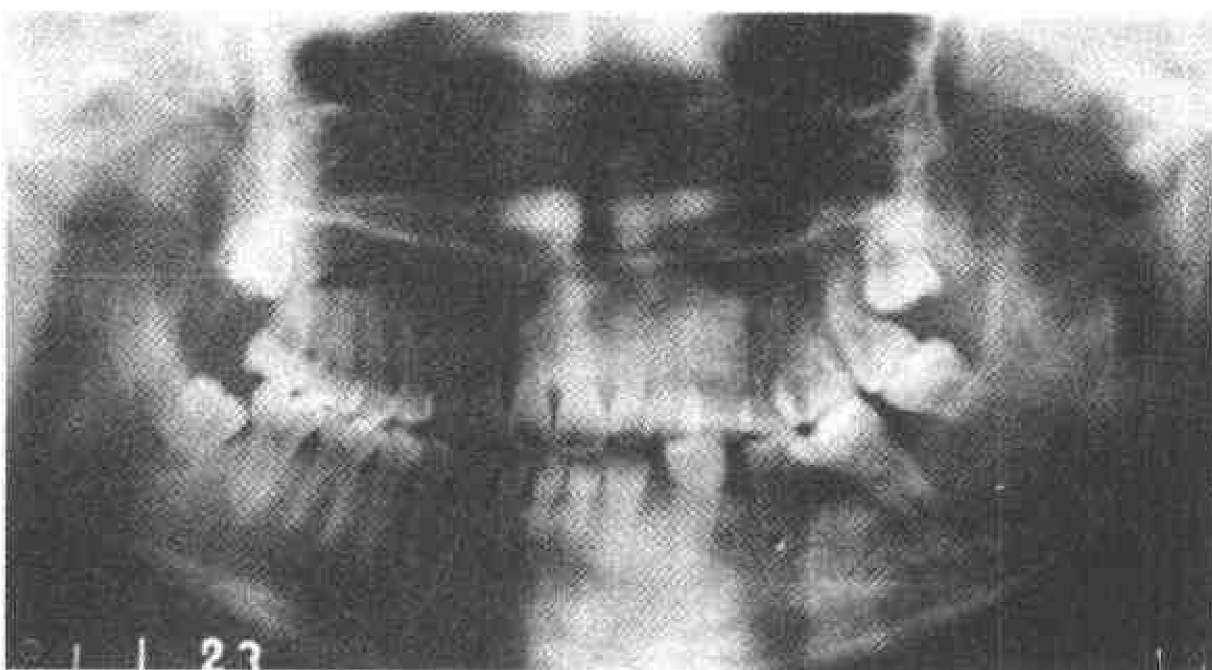
（七）动脉瘤样骨囊肿

动脉瘤样骨囊肿又称骨膜下巨细胞瘤、骨化性骨膜下血肿、良性骨动脉瘤。是一种较少见的良性病变，男女发病无多大差异。3～50 岁均可发病，其中以 10～20 岁多见。好发生于股骨及椎体。病因不明，曾认为是血管瘤的一型。但现认为是骨内动静脉分流，导致局部血循环障碍，引起静脉压极度增高，骨内血管扩张充血形成。病变常先开始于骨松质或骨髓。囊肿由大小不等的海绵状血窦组成，其中充满多数含血液的血池，边缘被红色或褐色网状纤维组织所包绕，有一层细薄骨壁，上覆盖骨膜和由骨膜形成的薄层骨质。囊腔内有纤维组织分隔，其间有迂曲扩张的血管腔隙。

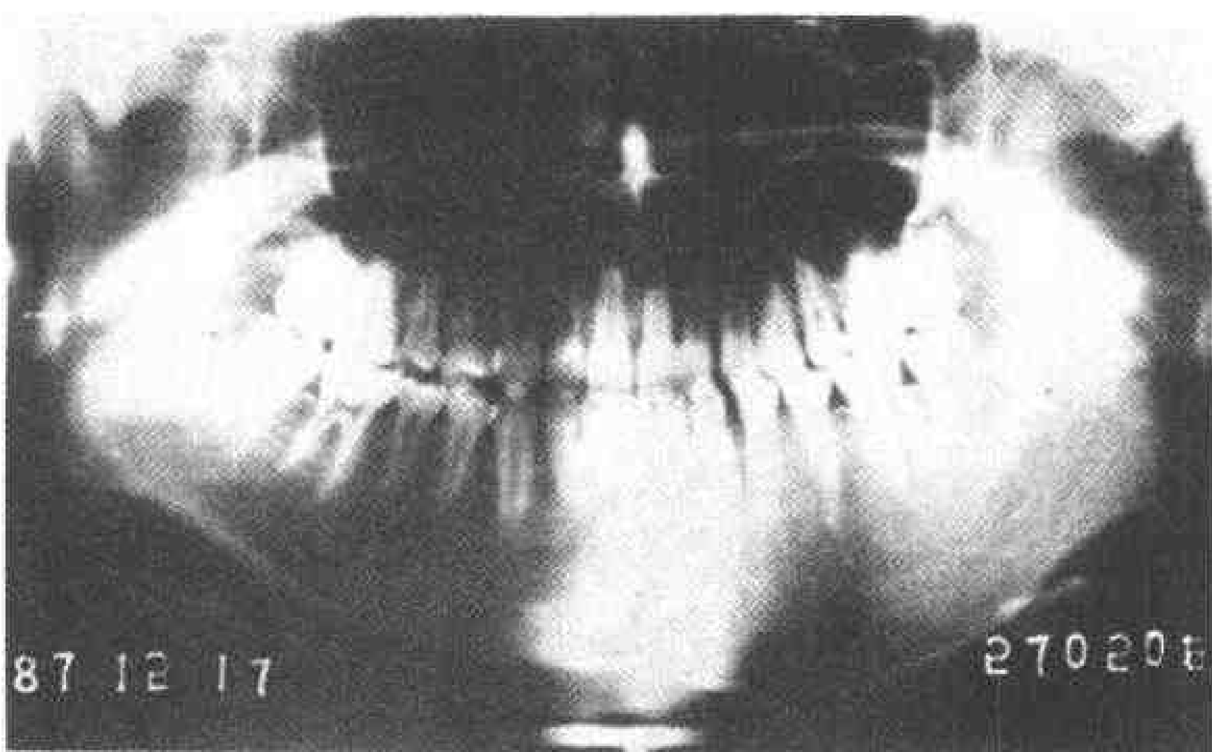
本病主要表现有局部肿胀疼痛，发展较快，发病短期即可长到一定体积，造成面部不对称。有约



(1)



(2)



(3)

图 17-2-119　颌骨血管瘤

(1) 左下颌骨中枢性动静脉型血管瘤　左下颌神经孔及神经管扩大，其周围有似多数皂泡状的小囊腔；(2) 右下颌骨中枢性动静脉型血管瘤　右下颌神经孔及神经管扩大，整个下颌升支及体部有多数小蜂窝状囊腔，$\overline{7654|}$移位，稀疏；(3) 右下颌颏孔扩大，周围骨纹紊乱，稀疏，颌骨体轻度膨大

半数患者有外伤史，患部牙移位，若牙脱落可从牙槽窝内迅速长出软组织包块。

【X线表现】 多见于下颌骨的磨牙及前磨牙区、下颌角和下颌支。呈可规则或不规则透明的囊性改变，颌骨膨胀，边缘有线状的骨壳。有的生长于颌骨的一侧。囊内有或粗或细、或多或少的骨小梁分隔，使病变呈气球状膨胀外观，内部结构似肥皂泡状，不易与骨巨细胞瘤鉴别。巨细胞瘤多发生于20岁以上成年人，无似气球状的膨胀（图17-2-121）。

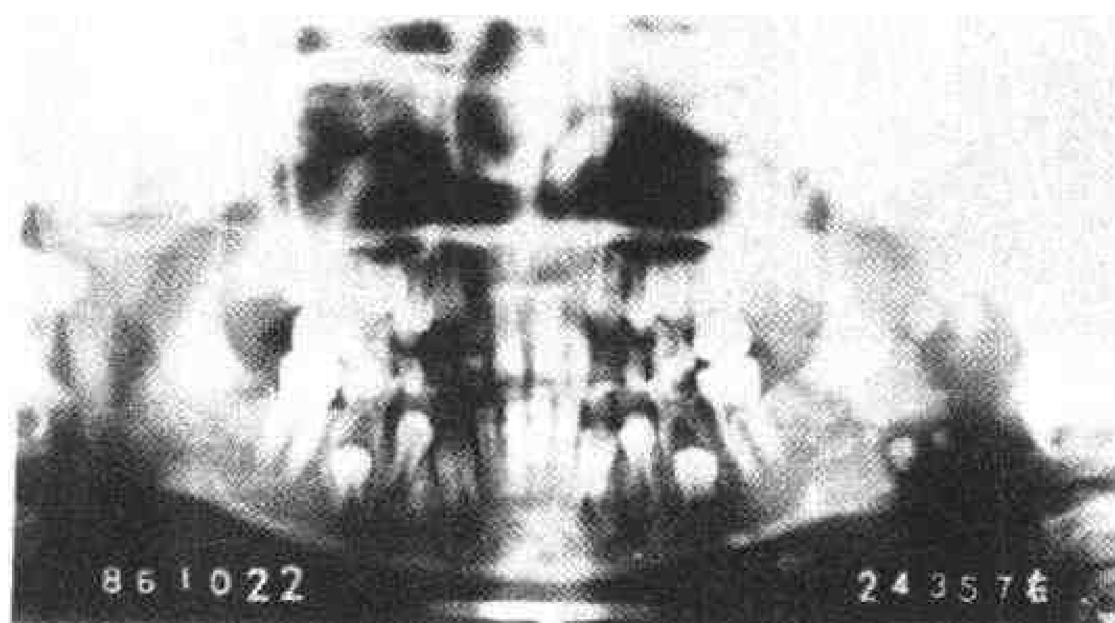
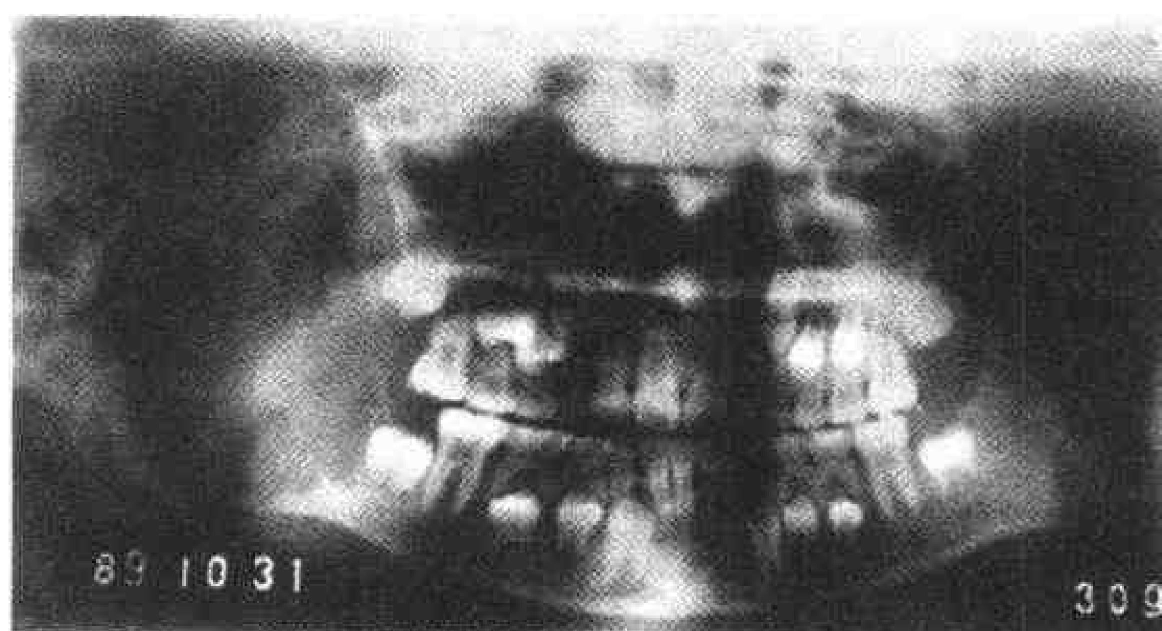
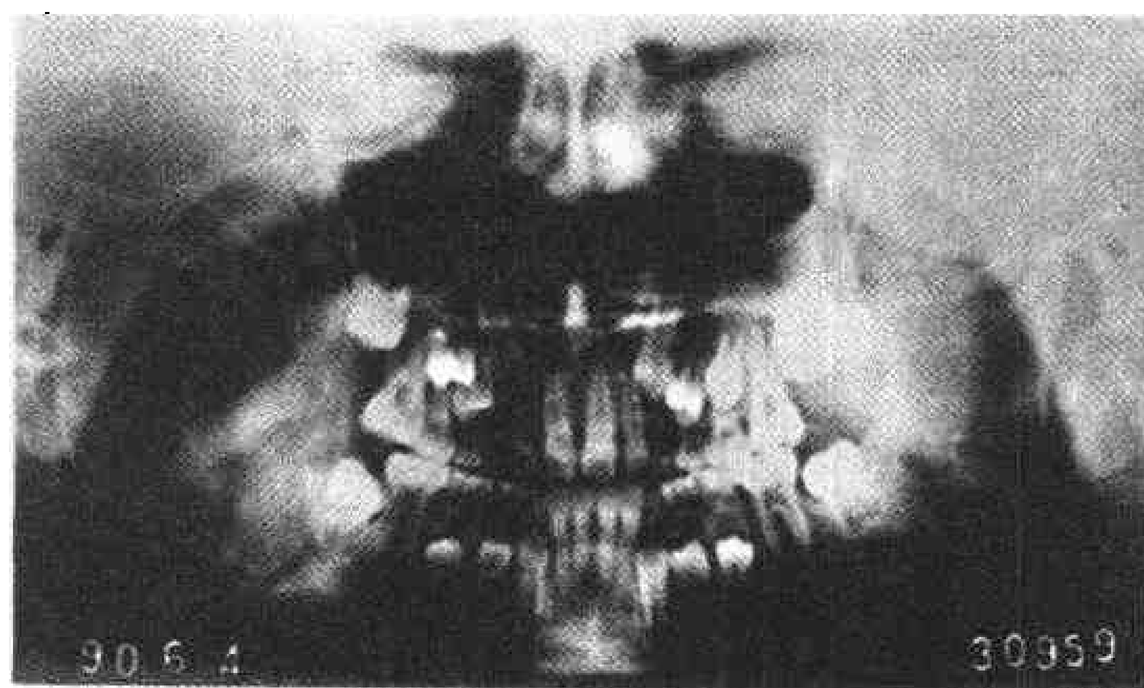


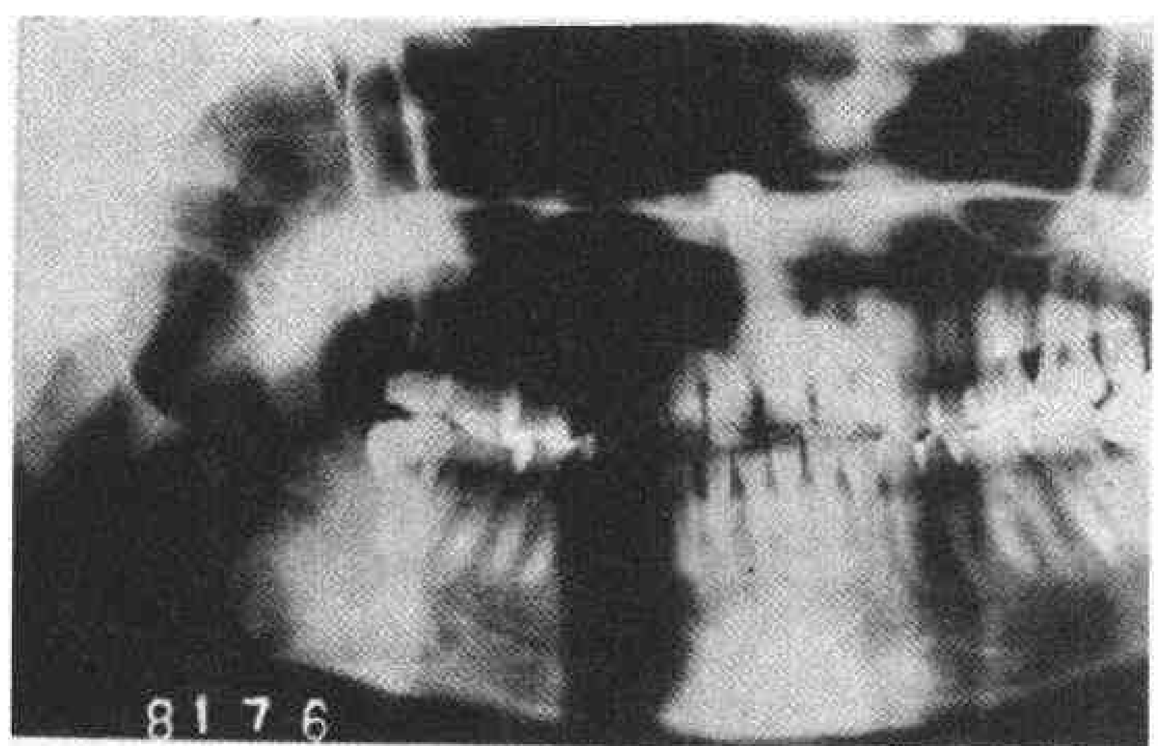
图17-2-120 右颊部海绵状血管瘤
曲面体层片 右颊部软组织内有多数静脉结石



(1)



(2)



(3)

图 17-2-121 动脉瘤样骨囊肿
(1) 左下颌升支动脉瘤样骨囊肿（术前） 左下颌升支呈单囊状改变，膨大，后缘有骨膜增厚钙化；(2) 左下颌升支动脉瘤样骨囊肿（术后） 为 (1) 图同一患者开窗术后，囊腔膨胀萎缩，骨膜反应消失；(3) 左下颌升支上分有一如气球状囊样病变，上缘有骨膜增厚

（八）纤维瘤

纤维瘤发生于颌骨少见，肿瘤有完整包膜，主要由成纤维细胞和胶原纤维组成无成骨。如纤维结缔组织肿瘤有成骨者即形成前述的骨化性纤维瘤。常发于儿童和青年，下颌多于上颌，可分为牙源性及非牙源性两类。

【X线表现】 颌骨中可见界限清楚的密度减低区，呈软性实性密度减低，有纤维间隔形成多房，分隔呈编织形的横或直线交错排列，邻牙可有移位（图 17-2-122)。

（九）牙龈纤维瘤病

牙龈纤维瘤病少见，为牙龈上一种特殊类型的结缔组织增生，与遗传有关。表现为牙龈弥散性增生肿大，可将牙完全遮盖，口唇闭合不严。

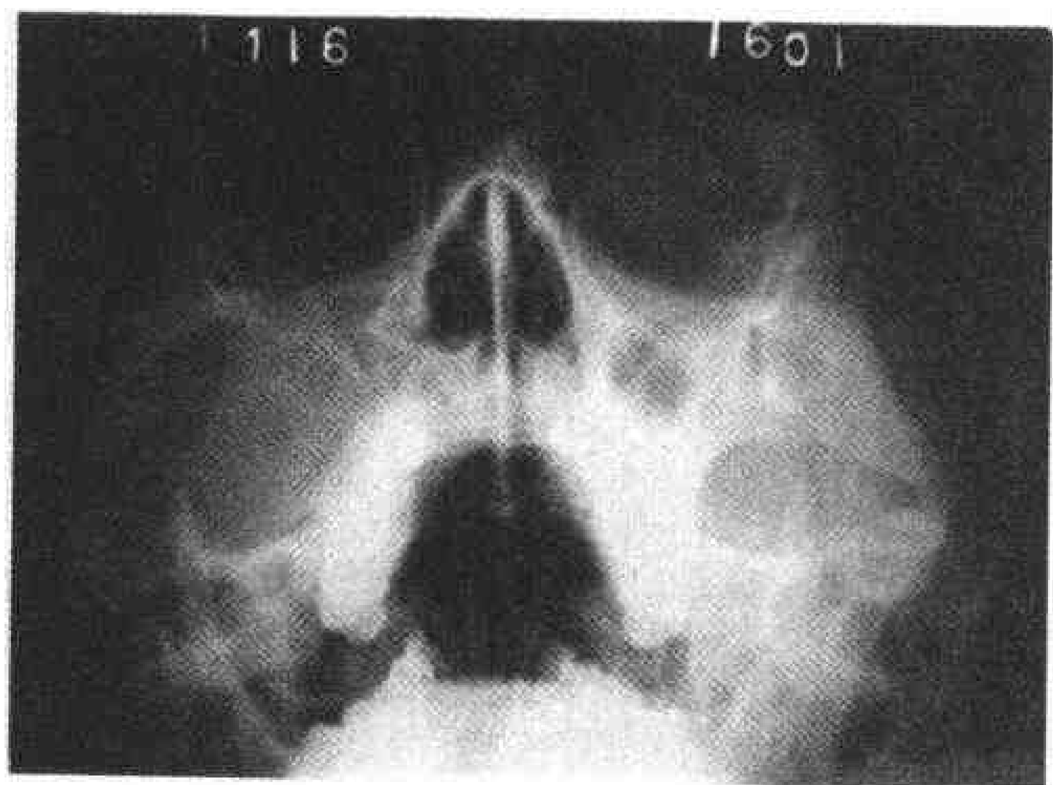
【X线表现】 全口牙槽突区域有软性密度增高的暗影，牙槽突骨纹稀疏紊乱，骨髓腔增大，部分牙槽突有吸收，牙被推移分开或有牙萌出受阻（图 17-2-123)。

四、颌骨恶性肿瘤

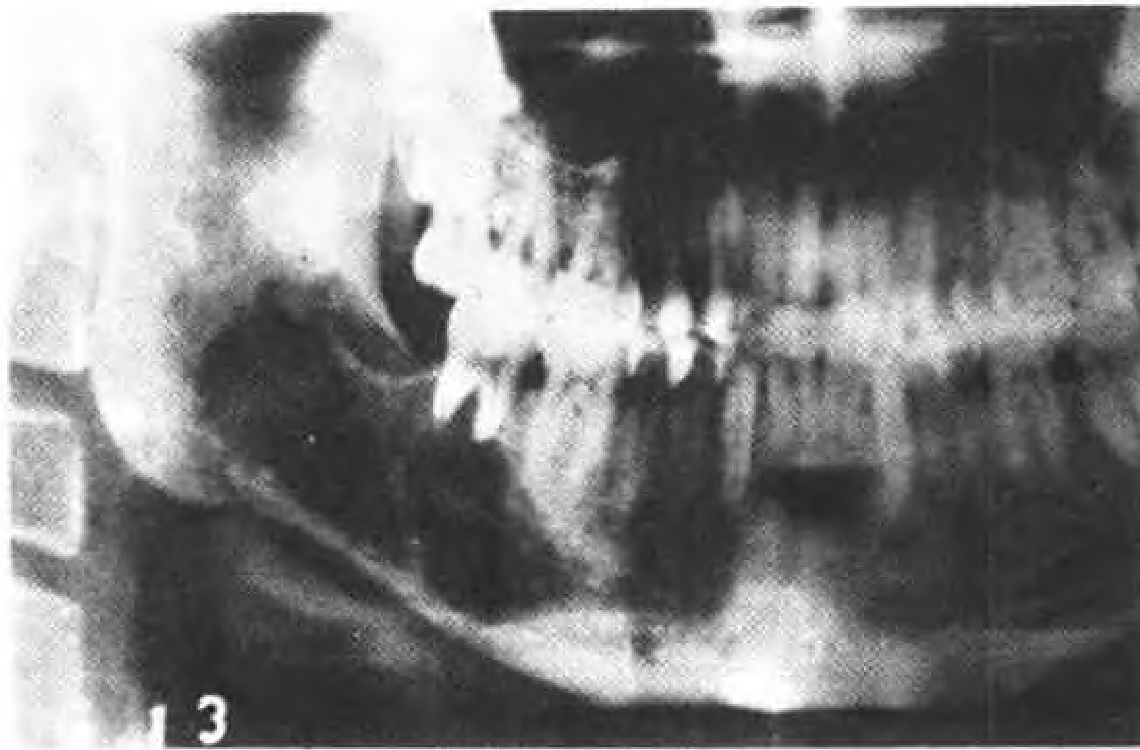
颌骨恶性肿瘤可分为原发性、继发性及转移性三类。但以继发性为多见。

（一）骨肉瘤

骨肉瘤为最常见的原发性恶性骨肿瘤。最多发生于四肢长骨，颌骨少见占所有骨肉瘤的 6.5%。上、下颌骨均可发生，但发生于下颌骨为上颌骨的



(1)



（2）

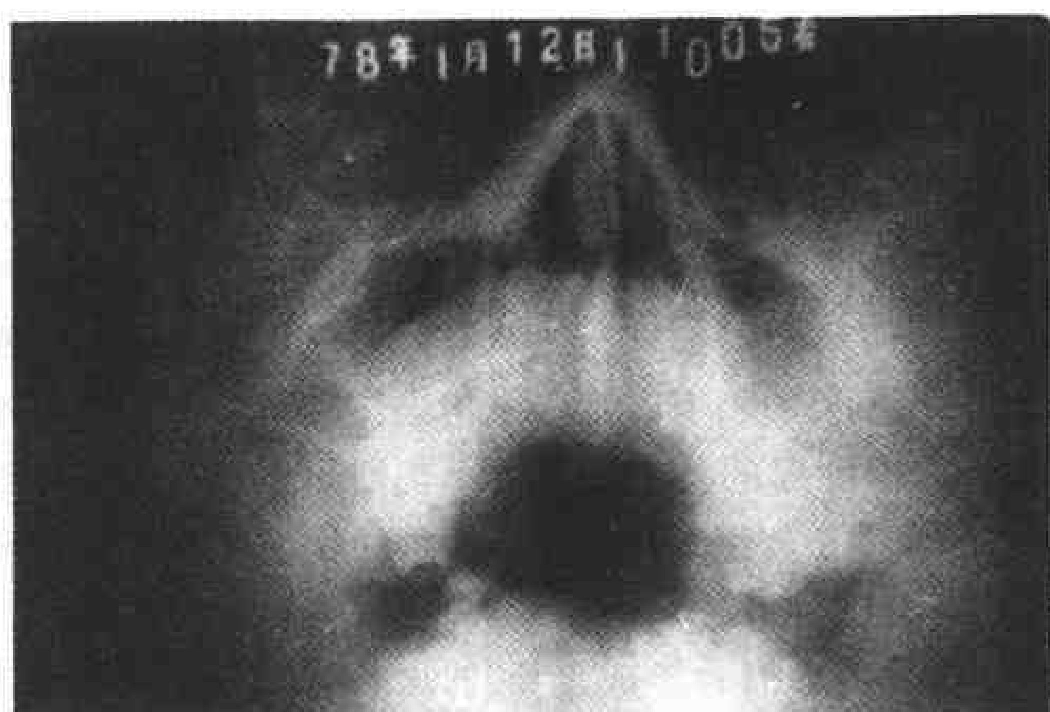
图 17-2-122 纤维瘤
（1）华特位片 左上颌纤维瘤；（2）曲面体层片 左下颌纤维瘤



（1）



（2）



(3)

图 17-2-123 牙龈纤维瘤病

(1) 右下颌斜侧位 显示右下颌牙槽骨弥散性增生，骨纹密集；(2) 左下颌斜侧位 显示左下颌牙槽骨有与 (1) 图同样改变；(3) 华特位 显示上颌整个牙槽骨密度增高。(1) ~ (3) 图为同一患者。男性，40岁，上、下颌牙龈肥大，唇不能闭合

两倍。男性发病率比女性高。发病年龄在10～25岁之间最多。

骨肉瘤为一种骨源性结缔组织性肉瘤，主要由肿瘤性成骨细胞。骨样组织及肿瘤骨所组成，其成分比例的多少，随肿瘤性成骨细胞的分化程度而异，分化比较成熟者，肿瘤骨多；分化较原始或胚胎型者，肿瘤骨少。含肿瘤骨较多的骨肉瘤较坚硬，称为硬化型骨肉瘤；肿瘤骨较少的骨肉瘤较软，易出血，称为溶骨性骨肉瘤。居于两者之间的，称为混合型骨肉瘤。有些肿瘤生长特快，发生血供障碍，以致肿瘤组织坏死、液化，形成含棕色或血色液体的假性囊腔。肿瘤无包膜。

骨肉瘤早期发生间歇性疼痛，很快即变为持续性剧痛。肿瘤生长迅速，造成牙槽突及颌骨骨质破坏、牙松动、移位，肿瘤穿过骨皮质，形成软组织肿块，出现面部畸形。骨肉瘤一般沿血循环转移，故常转移至肺和骨。

【X线表现】 肿瘤造成颌骨侵蚀性、溶解性的破坏，故边界不清。根据溶骨破坏和肿瘤骨形成多少可分为硬化型（即成骨性）、溶骨型、混合型三类，其具体表现可归纳如下：

1. 骨结构紊乱 早期颌骨可稍显膨大，部分骨小梁破坏，骨纹稀少骨髓腔增大可出现条状，或散在多个如筛孔状骨破坏区，有的区域骨纹不清，骨髓腔变窄，甚至阻塞，形成斑块状致密影。牙周膜间隙增宽，硬板消失，在根尖片可见一个或多个牙周膜间隙对称性增宽，有人认为对早期诊断有意义。

2. 骨破坏 随着病变的发展，那些多数小区域的骨破坏溶解加重，呈虫蚀状，斑片状，或不规则的广泛区域的破坏，边界模糊，密质骨受侵蚀，表面凹凸不平，甚至全部骨皮质破坏缺损而伴发病理性骨折。

3. 瘤骨形成 肿瘤在向成骨方向发展时产生肿瘤骨化。X线表现为一种呈毛玻璃样密度增高区，往往是生长活跃、分化较差的瘤细胞区，它属于最幼稚的瘤骨，恶性程度较高，浸润广泛，另一种呈斑块状或絮团状的骨硬化，排列紊乱，多见于肿瘤中心，也可出现于软组织肿块中。这种斑块状的骨硬化，是分化较成熟的瘤骨，似牙组织样的硬化区是分化最成熟的瘤骨；再一种为放射状或呈针状瘤骨，位于骨皮质外的软组织肿块内，以肿瘤骨为中心向四周放射；有的瘤骨呈粗毛刷状与骨皮质表面垂直，外缘排列参差不齐。含斑片状致密的瘤骨多而密者，为硬化型骨肉瘤；瘤骨较稀少，以骨溶解破坏为主者，为溶骨性骨肉瘤。这种瘤骨是骨肉瘤的特征。

4. 骨膜反应 骨肉瘤常有不同形态的骨膜反应，与骨折、炎症等所产生的骨膜反应并无本质上的区别，可作诊断上的参考，不能作诊断上的依据。骨膜反应可表现为：较薄而整齐的线样骨膜反应（厚度1mm以内）；较厚呈分层状似葱皮状或垂直状的骨膜反应，垂直状骨刺的特点是密度高，光滑整齐，边界清楚与瘤骨不同。前者表示恶性程度

较低，后者表示肿瘤生长快，恶性程度高。肿瘤快速穿破骨皮质向软组织扩大时，在断裂两端的骨膜增生特别快，而形成袖口状骨反应（Codman 三角）。

5. 软组织肿块 肿瘤不仅在骨质内部侵蚀蔓延，并快速穿破骨皮质，发展到骨外，形成局部软组织肿块，呈圆形或类圆形边界尚清楚的团块；有时呈弥漫性肿胀与周围界限不清。由于肿瘤的增生扩大，可将牙齿明显推压移位，使牙浮动于软组织内。

骨肉瘤的X线征象总括起来有上述各种变化。硬化型又称成骨型，以骨髓腔硬化、肿瘤骨形成、骨膜反应为主，少量骨质溶解（图 17-2-124）；溶骨型者以松质骨和密质骨的溶解破坏为主，骨膜反应不明显，可有少许瘤骨形成（图 17-2-125）；混合型者具有此两种的特征（图 17-2-126）。

骨肉瘤易转移致肺，故应尽早拍摄胸片检查，以早期发现肺部转移灶。

【鉴别诊断】 骨肉瘤常易与中央型软骨肉瘤相混淆，软骨肉瘤发病年龄大，骨破坏区皮质变薄但相当长时期骨皮质破坏较少，在破坏区内也有很多不规则的环形钙化，甚至成絮团状的钙化，但骨肉瘤的针状斑片状瘤骨不同，硬化型骨肉瘤还应与下颌骨边缘性骨髓炎区别，后者骨膜呈与骨皮质平行的片条状增生，无垂直状骨刺，骨溶解破坏不明显。溶骨型者，应与颌骨中央性癌相区别，特别是弥散型颌骨癌有时单凭X线很难区别。

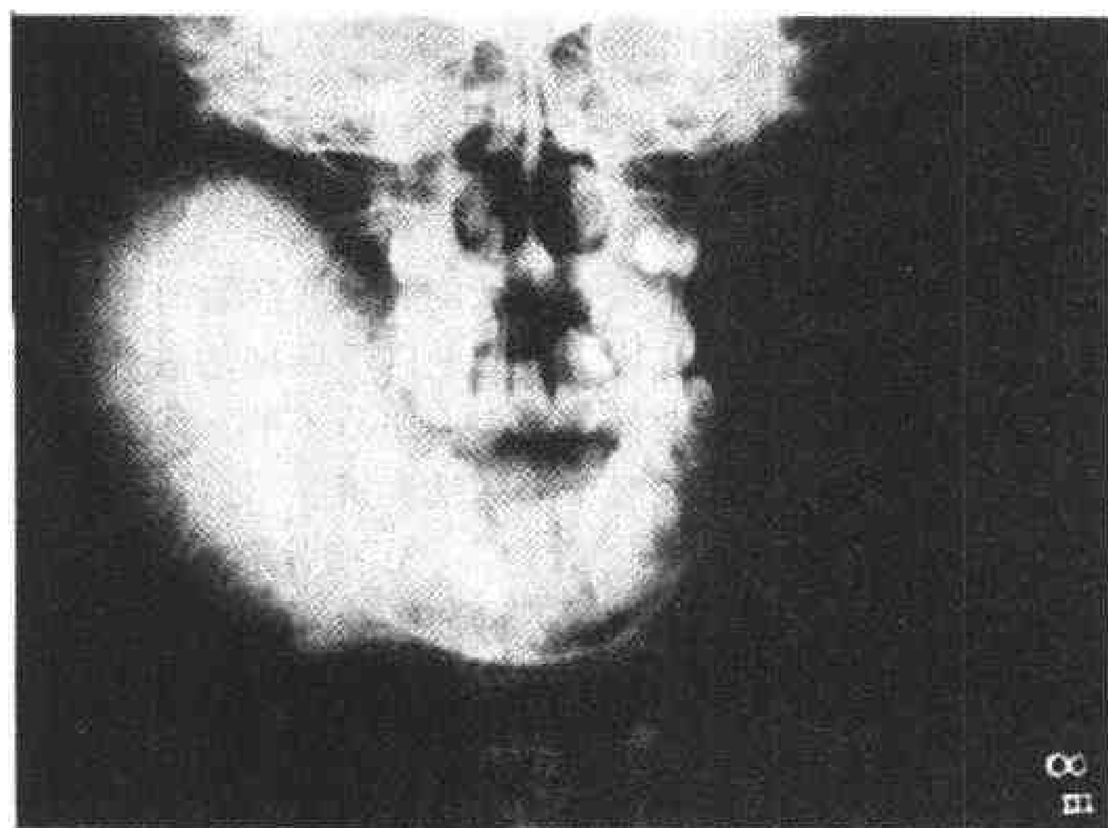
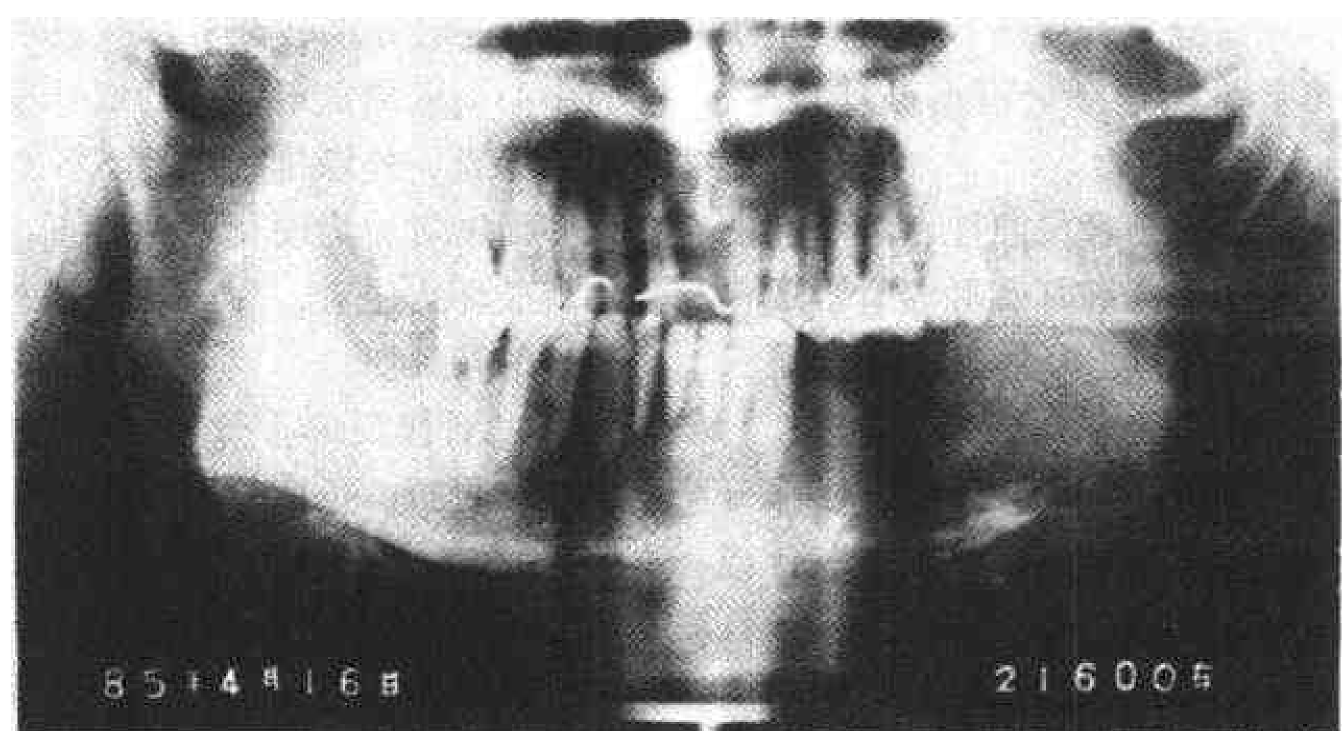
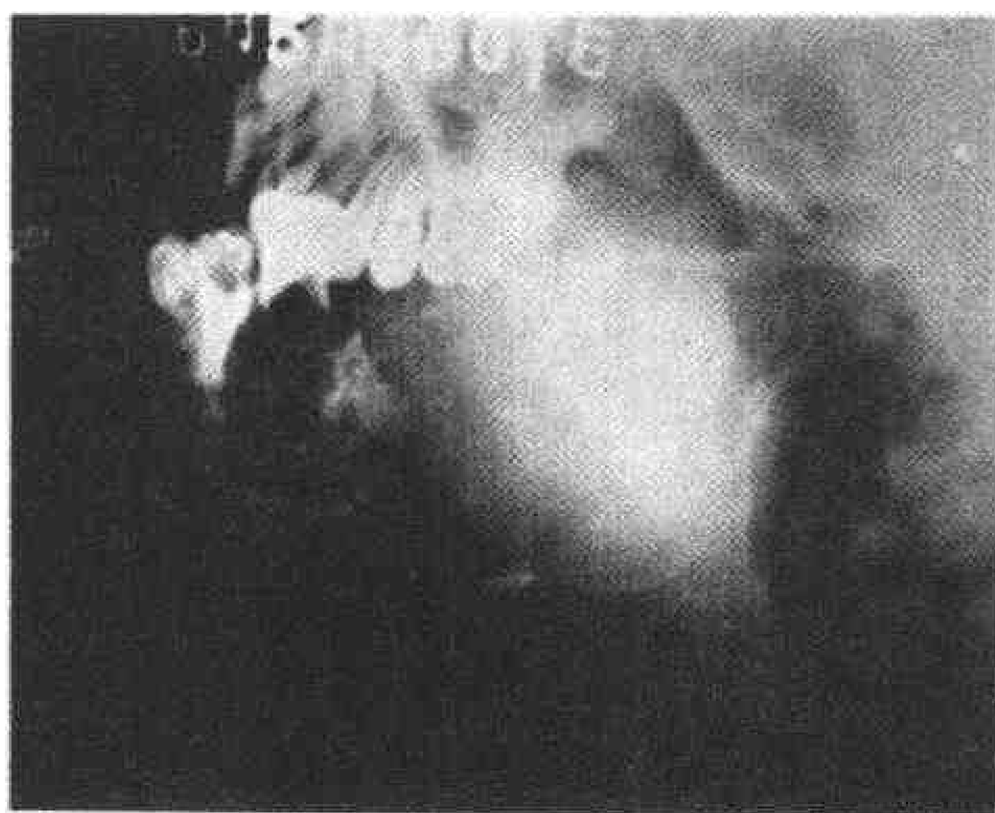


图 17-2-124 骨肉瘤（硬化型）
下颌后前位 左下颌支及体有一巨大的致密的肿块，边缘可见垂直状的骨刺



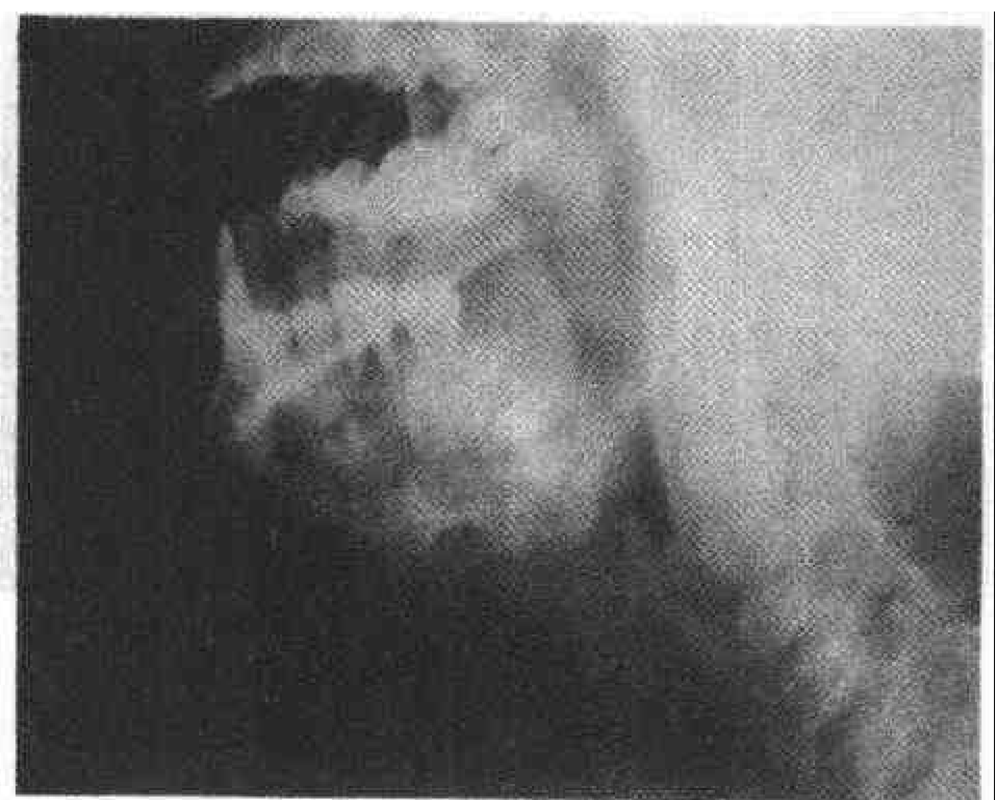
(1)



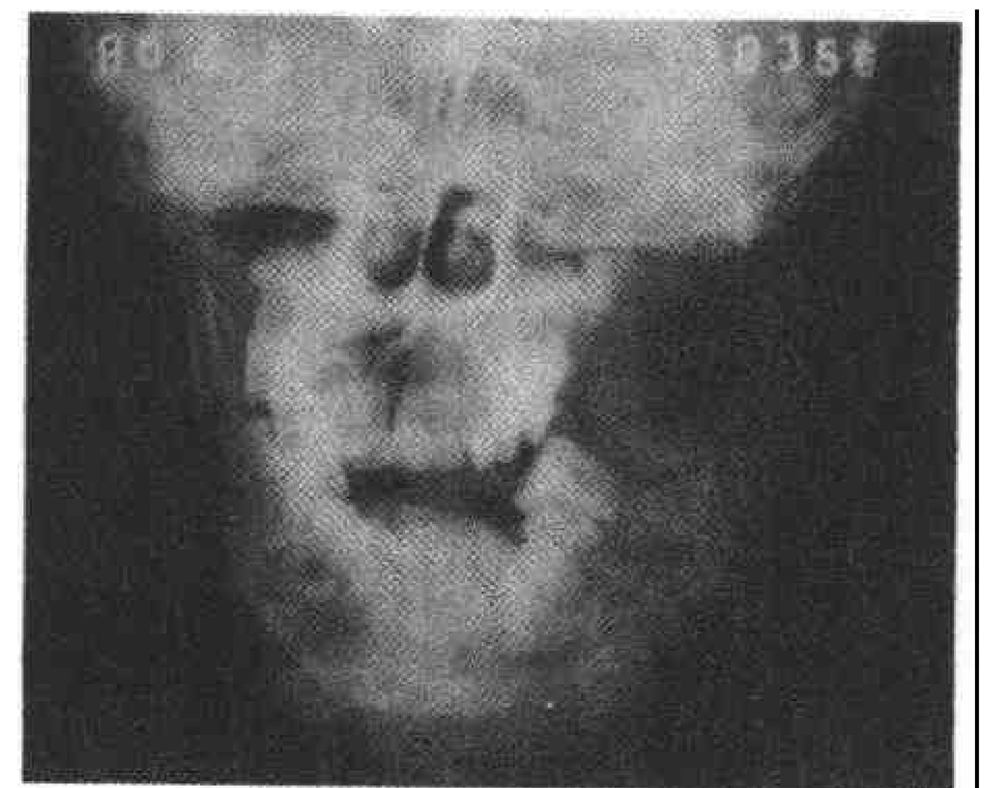
(2)

图 17-2-125　骨肉瘤（溶骨型）

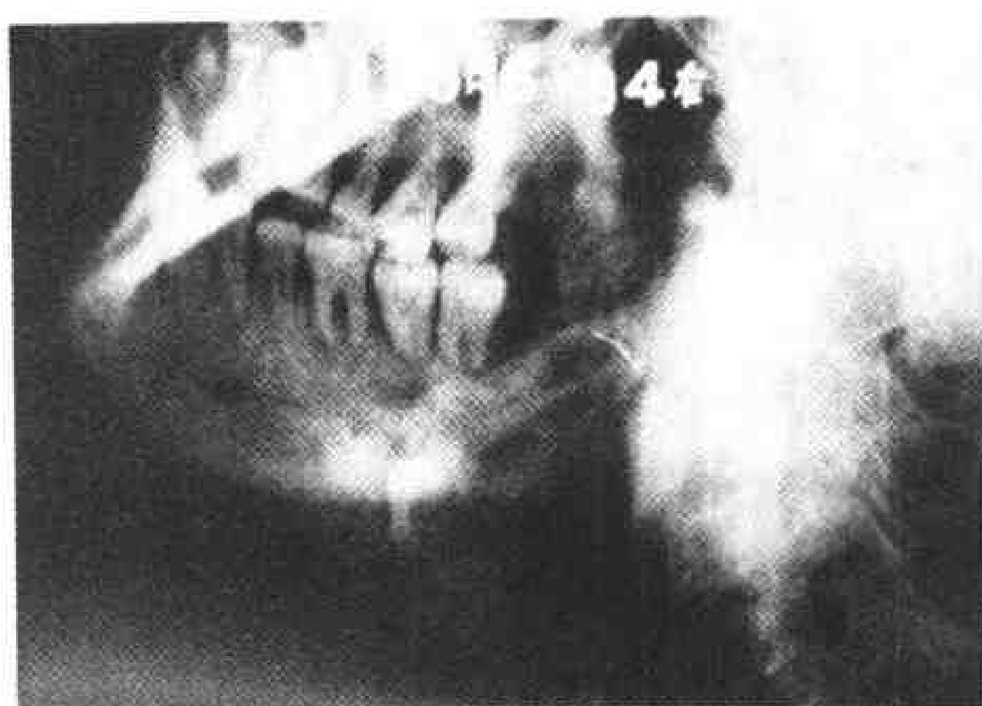
(1) 曲面体层片　骨质溶解破坏范围广，包括右下颌支、下颌角、下颌体直达左侧下颌骨颏孔区，有少数散在的骨膜外增生的肿瘤骨，颏部软组织肿大；(2) 下颌斜侧位　整个右下颌骨大量骨质溶解破坏、喙突消失，骨皮质不连续，有部分呈放射状的肿瘤骨



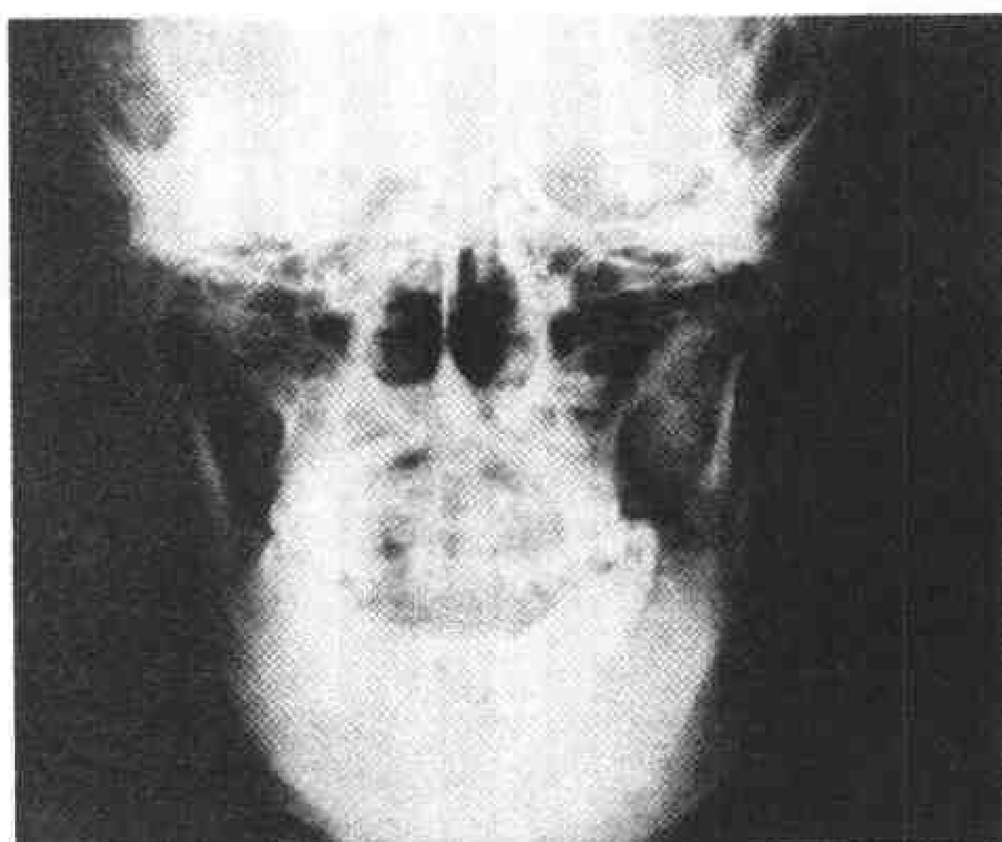
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-2-126 骨肉瘤（混合型）

(1) 斜侧位 右下颌骨骨质破坏但有较多的呈放射状的肿瘤骨；(2) 后前位 与 (1) 图为同一患者，肿瘤骨与骨皮质呈垂直状、牙移位；(3) 斜侧位 整个右下颌骨溶解破坏有较多肿瘤骨呈放射状突入颊部软组织；(4) 后前位 右下颌升支内侧可见呈毛刷状的肿瘤骨

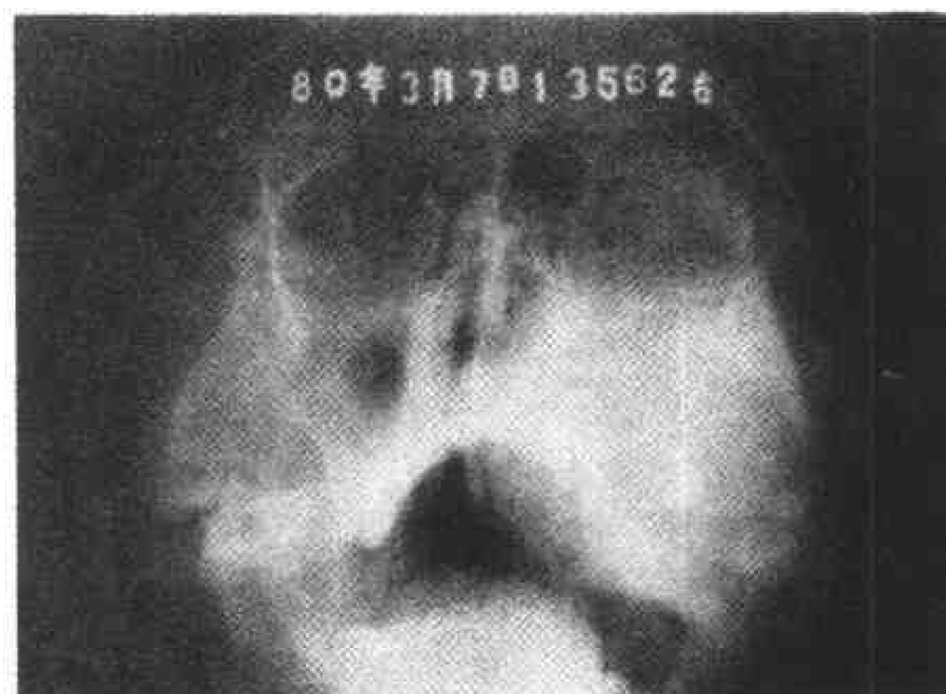


图 17-2-127 右上颌纤维肉瘤（中央型）

右上颌有一软组织肿块，上颌窦腔消失各骨壁破坏并累及颧骨

（二）纤维肉瘤

纤维肉瘤在口腔颌面部较多见。分中央型和周围型两种：中央型系来自骨髓腔的骨内膜；周围型系起自颌骨骨膜，故又称骨膜型纤维肉瘤，由牙周膜发生者也属此型。下颌骨较上颌骨多见，患者多数年龄在20～50岁，性别无明显差异。

【X线表现】

1.中央型　肿瘤造成颌骨呈溶骨性破坏，可似囊腔状的阴影，肿瘤边界不清，边缘不规则不整齐，有时可见散在的少数小钙化点，随着肿瘤的发展至晚期，也可穿破骨皮质形成软组织肿块，可引起骨膜少量增生（图17-2-127）。

2.周围型　在骨的表面形成较多的软组织肿块，有边界但不齐可似分叶状，可侵及邻近骨皮质表面粗糙，进一步则使表层骨皮质凹陷缺损，如生长加快加重骨质的破坏，有时可见轻度骨膜反应（图17-2-128）。

【鉴别诊断】 纤维肉瘤以骨破坏为主，无瘤骨形成，骨膜反应较轻微，可与骨肉瘤区别；软组织肿块明显，可与颌骨癌区别。

（三）软骨肉瘤

软骨肉瘤起源于软骨细胞的肉瘤，凡由软骨内骨化的骨骼均可发生。可发生于上、下颌骨。软骨肉瘤较软骨瘤多见。从发展过程，分为原发性和继发性两种，原发性患者较年轻，多在30岁以前发病，性别差异不明显；继发性者，多由良性软骨瘤或骨疣恶变而来，患者年龄较大，多在30岁以后发病，男性稍多。从发病部位来看，可分为中央型和周围型，前者发生在骨髓腔，后者发生在骨髓外层或软骨表面。病程发展较骨肉瘤慢，以钝痛为主，渐变为持续性，局部发现包块。主要通过血循环转移，首先是肺转移。

【X线表现】 主要是骨质为侵蚀性破坏，早期表现骨破坏有一定范围，有较清楚的边界，随着肿瘤增生长大，骨破坏范围增大，呈不规则形、圆形、卵圆形或分叶状的密度减低区，边界不清，使颌骨膨大，骨皮质变薄，但骨皮质内壁毛糙不光滑。骨破坏区内可见斑片状、团块状及絮状等不规则形态的钙化影。肿瘤很快穿破骨皮质侵入到软组织中，形成软组织肿块。骨反应呈线状或针状，或有骨膜外新骨形成。如肿瘤发生于下颌支及下颌角，可致下颌神经管的骨壁模糊、消失而不清。

周围型软骨肉瘤发病较中央型年轻。系起源于骨的表层或软骨表面。发生于颌骨者，多在牙槽突端发生，主要是出现在牙龈软组织肿块，较硬，可致牙移位，肿瘤内可见有放射状骨刺（图17-2-129）。

【鉴别诊断】 主要是与骨肉瘤难以鉴别。应结合临床及其他检查，最后依靠病理确定。

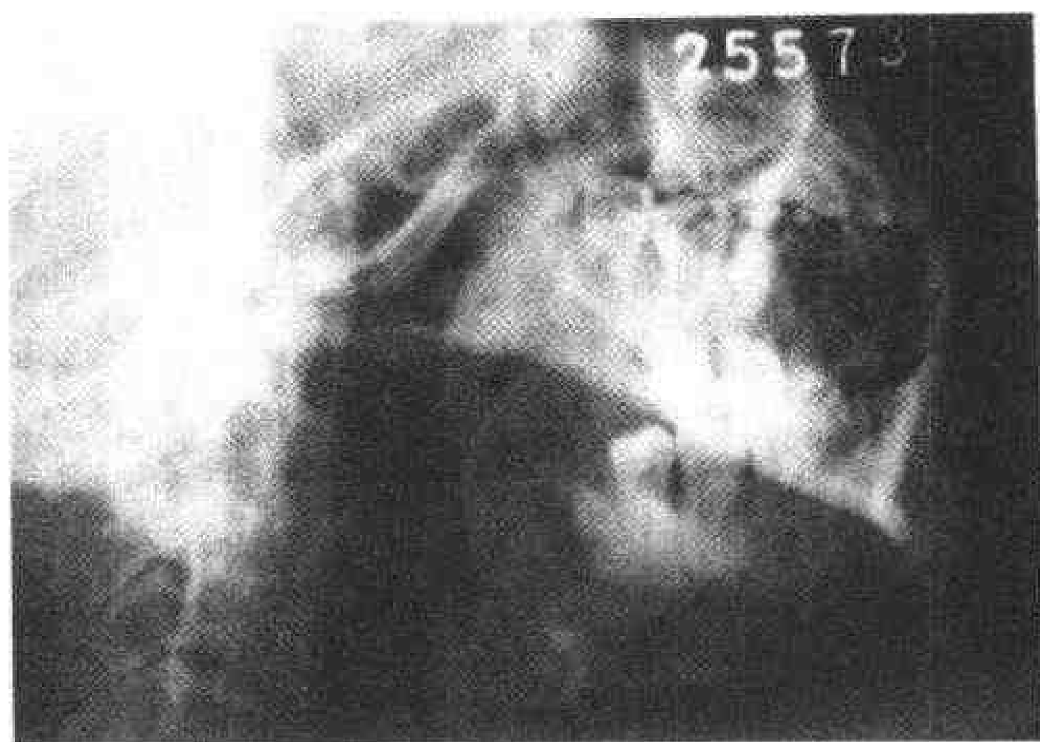
（四）颌骨癌

颌骨癌有继发及原发于颌骨中央的两类。

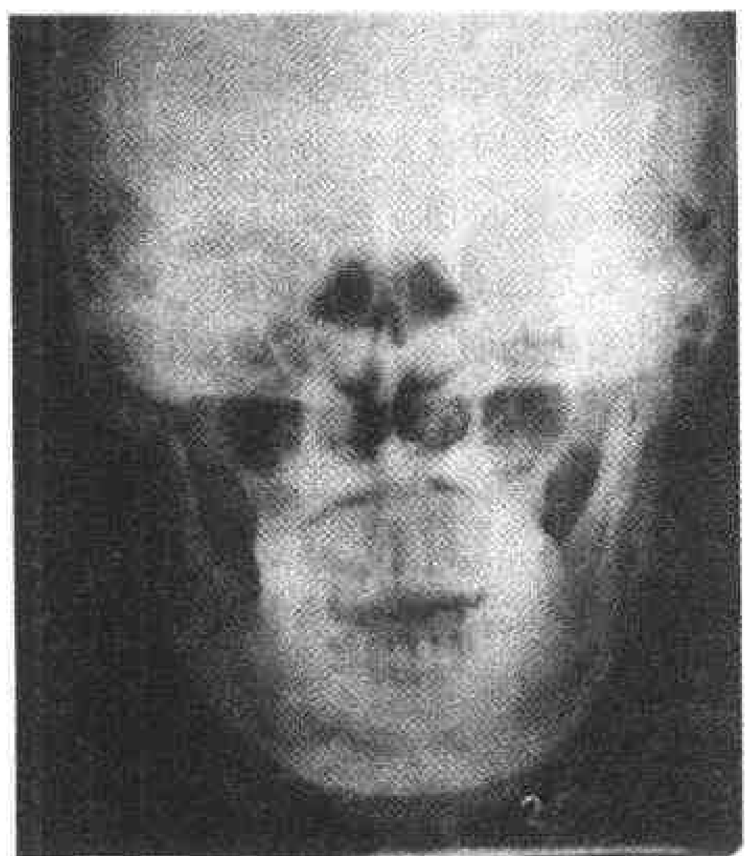
癌是口腔中最常见的恶性肿瘤。因颌骨与口腔及上颌窦邻近，位置表浅，所以龈癌、腭癌、上颌窦癌、颊癌、口底癌及舌癌等皆可侵及邻近骨组织即为继发癌。



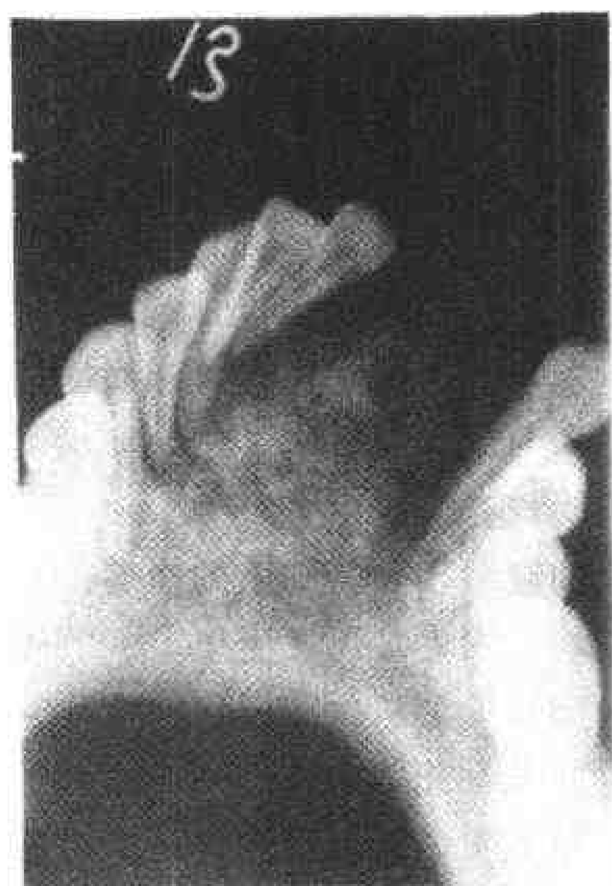
图17-2-128 左上颌纤维肉瘤（周围型）
向面前部突出巨大软组织包块



(1)



(2)



(3)

图 17-2-129 软骨肉瘤

(1) 左下颌斜侧位 左髁突乙状切迹、喙突及下颌支骨质溶解破坏，术后病理确诊；(2) 下颌后前位 与 (1) 图为同一患者；(3) 下颌颏部合片3┬3区骨软骨肉瘤（术后病理确诊）

颌骨中含有造牙上皮，为全身骨骼系统中唯一能发生原发癌的骨骼。颌骨中央癌除来自牙源性上皮剩余外，还可来自面裂处残留于颌骨中的上皮，也可为牙源性囊肿的囊壁恶变而来，牙源性角化囊肿较其他类型囊肿更易有此种倾向。原发于颌骨中枢的癌少见。颌骨继发癌最为常见。牙龈癌和颊癌早期就侵犯颌骨，舌癌晚期亦可侵犯下颌骨。

颌骨中枢癌好发生于下颌骨，特别是下颌磨牙区。早期症状常有下唇麻木及神经性疼痛症状。有的出现牙痛及牙松动，极像牙周炎的症状。在无明显骨质破坏之前，颌骨中央癌一般不易发现。如误将患牙拔除，其牙根上粘着有异常软组织，牙槽窝不规范并有大量软组织，应高度警惕，即时送活检，以便早期发现。

【X线表现】 以牙龈癌侵及颌骨最多。早期仅牙槽突被侵及时，X线片显示牙槽突吸收，硬板消失，牙周间隙加宽，易误诊为牙周病，需结合临床及其他检查仔细加以鉴别，以免失去早期诊治的机会。

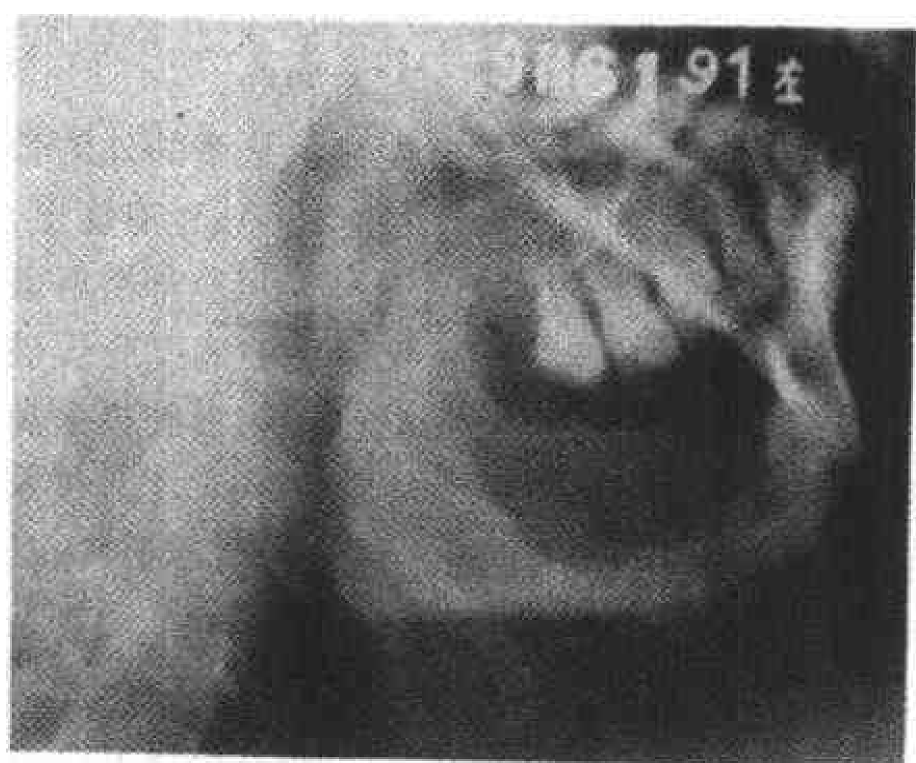
下颌牙龈癌自牙槽突继续向下侵蚀破坏颌骨组织，呈口大底小扇形骨质破坏区；有的呈弹坑状骨质破坏。有的边缘较清楚整齐，示癌肿分化度较好。有的边缘不整齐呈虫蚀状，示癌肿分化程度差。有些骨质破坏区可见双边影像，示颊、舌侧骨

板破坏程度不一致造成，严重破坏者，可引起病理性骨折。有时在骨破坏区的软性肿瘤中可见少数较致密的影像（图 17-2-130）。

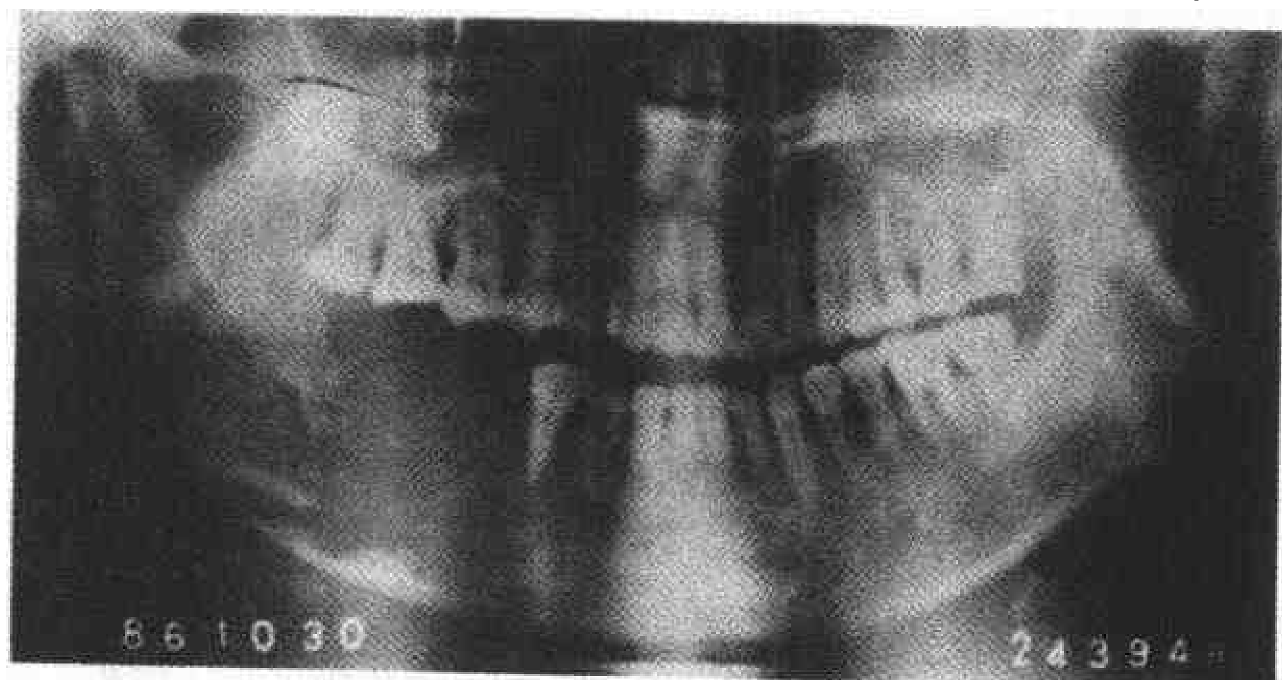
凡是上颌牙龈癌、颊癌、腭癌向深部发展，侵及邻近的颌骨，造成颌骨的广泛破坏，并常侵入上颌窦，则具有上颌窦癌的X线表现。



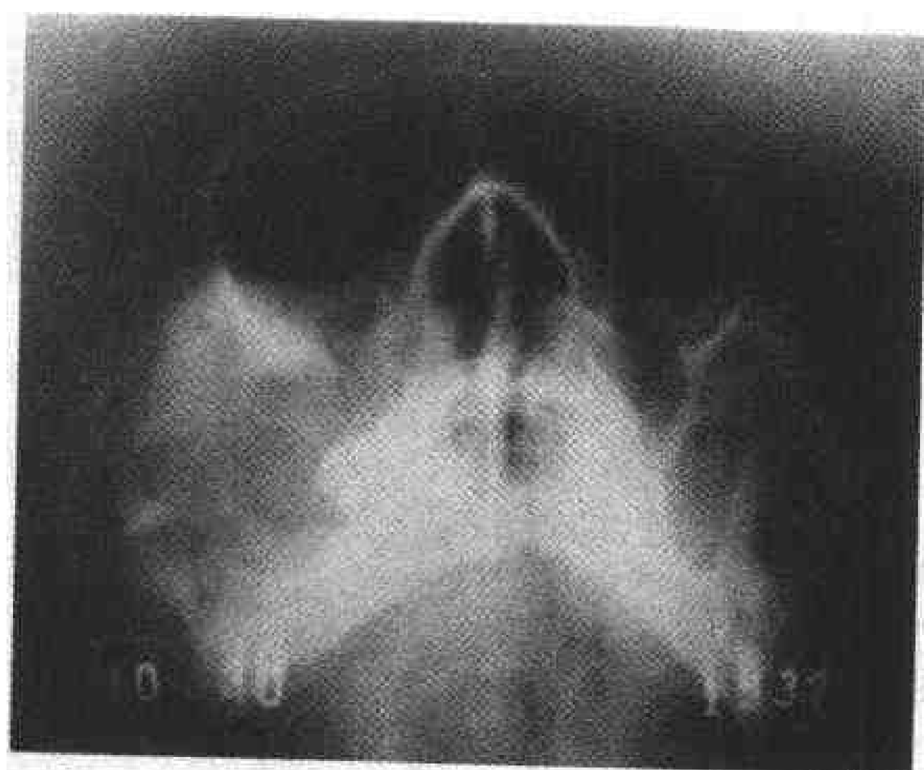
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-2-130　颌骨癌

（1）颊癌所致下颌骨弹坑状骨质破坏边缘虫蚀状；（2）牙龈癌所致下颌骨呈弹坑状破坏左下牙全缺失；（3）左下颌牙龈癌，骨质溶解破坏广泛并伴有病理性骨折，$\overline{\rceil 5678}$缺失，骨破坏，边缘呈虫蚀状；（4）华特位　左上颌窦内、外侧骨壁破坏，累及颧骨，破坏边缘不齐，左上颌窦昏暗，窦腔变形，术后病检为：鳞癌

上颌窦癌和恶性肿瘤侵入上颌窦的X线表现：

1. 窦腔昏暗密度增高，由于肿瘤侵犯上颌窦使窦腔扩大失去正常透明度，呈软性密度增高影。

2. 软组织肿块影，有时可见局限的肿块界限，有时弥散界限不清。

3. 窦壁骨质破坏，常常首先显示是窦的外侧骨质的异常改变，有时见外侧骨壁变细薄或稍有膨出，或有缺损不连续。严重时整个外侧骨壁全部溶解破坏，从上颌全景片和殆片上可见到窦腔底壁骨质破坏。严重者向内侧扩展使内侧壁破坏，癌肿侵入鼻腔；向上发展时顶壁和眶下缘骨质破坏；向上外侵及颧骨，向下使颧牙槽嵴、甚至上颌结节骨质破坏；后壁破坏可侵及颞下窝、翼腭窝甚至颅底。此时则应作体层摄影，或CT、MRI等检查。

颌骨中枢癌以下颌骨多见，早期症状不典型，X线表现可为局限于根端区骨松质破坏，进一步发展为弥散的骨性破坏，边缘不规则呈蚀状，甚至引起病理性骨折，临床上未见邻近组织癌肿发生(图17-2-131)。

【鉴别诊断】 继发于牙龈癌的早期不易与牙周病区别，应紧密结合临床，以免误诊失去早期治疗的时机。晚期表现侵蚀性溶解破坏，呈扇形或弹坑状时容易诊断。中央性颌骨癌呈弥散浸润性破坏时应与骨髓炎区别，如前者无死骨，骨膜反应少见。后者既有骨破坏并有多数死骨和骨膜增厚反应，局限者病变周围有骨硬化。

（五）粘液表皮样癌

粘液表皮样癌为涎腺恶性肿瘤中较常见者，发生于颌骨者不多见。关于发生于颌骨的组织来源有几个论点：①牙源性囊肿上皮衬里粘液性变。1957年Gorlin报道200例牙源性囊肿中，有5.5%的上皮衬里中有粘液细胞，有的中央粘液表皮样癌的临床及X线征象与囊肿相似，故认为牙源性囊肿是此肿瘤的潜在来源。②异位颌下腺或舌下腺组织。③胚胎陷入的磨牙后粘液组织。④上颌窦上皮衬里变性亦是有可能。

任何年龄皆可发生，但多在中年。女性较男性稍多，下颌较上颌多见。下颌则多发生于升支、下颌角、磨牙区；上颌者通常侵犯磨牙、腭部、上颌窦，很少见有发生于上颌前部。肿瘤区颌骨膨大，常有疼痛或麻木等症状。

【X线表现】 多数呈蜂房状多囊状的密度减低区，肿瘤呈偏心性向一侧特别膨出形成包块，边界尚清楚，边缘有细薄如线状的骨壁。有的表现既有皂泡样的小囊，又有较大的囊腔，部分呈弥散破坏则边界不甚清晰。可见有牙根吸收或牙移位（图17-2-132）。

（六）恶性纤维组织细胞瘤

恶性纤维组织细胞瘤是发生于深部软组织的一种多形性恶性肿瘤。自1964年O' Brien首次报道以来，国内外文献上陆续有一些报道，好发于大腿外侧、小腿、上臂、腹膜后间隙、乳腺等处。可发生于任何年龄，平均年龄约50岁，男性稍多见。

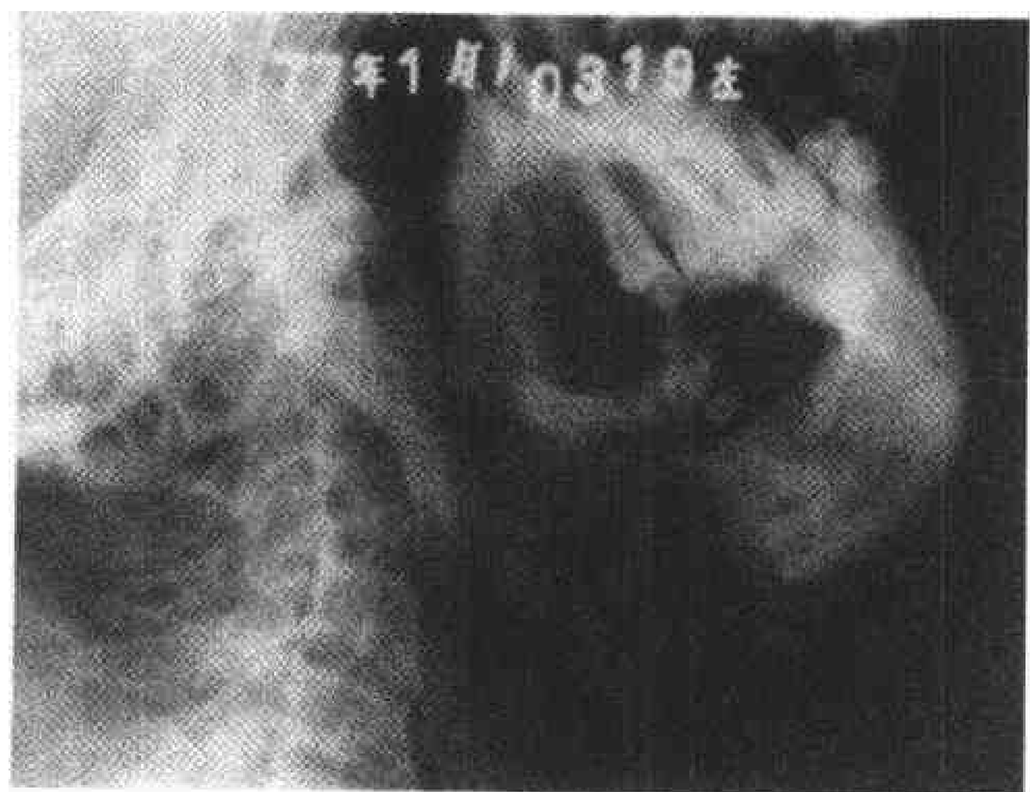


图17-2-131 左下颌骨中枢癌

斜侧位 左下颌体大片破坏，骨折缺损伴病理性骨折，远端下颌支向前上移位，断端处有两个残根



图 17-2-132　粘液表皮样癌
右下颌支有多数蜂窝状小囊腔，向颊侧膨出大的囊腔，下颌角骨质破坏缺失

但原发于颌骨者极少有报告。华西医科大学口腔医学院总结了自 1979 年至 1984 年间经病理确诊的 11 例，重点从 X 线征象分析研究。有 90% 都是在 40 岁以后发病，20 岁以前发病只 1 例，最小年龄 16 岁，最大年龄 69 岁；男性略高于女性。90% 发生于上、下颌骨，只个例发生于额部软组织。多数皆有局部疼痛、麻木和牙痛，面颊部或牙龈上软组织肿块，个例为无痛性肿块，手术切除后易复发。其病理组织形态学复杂多样，不易与众多的间叶组织肿瘤相区别，过去病理曾误诊为多形性横纹肌肉瘤、纤维肉瘤、脂肪肉瘤等。故 X 线表现亦多样化。

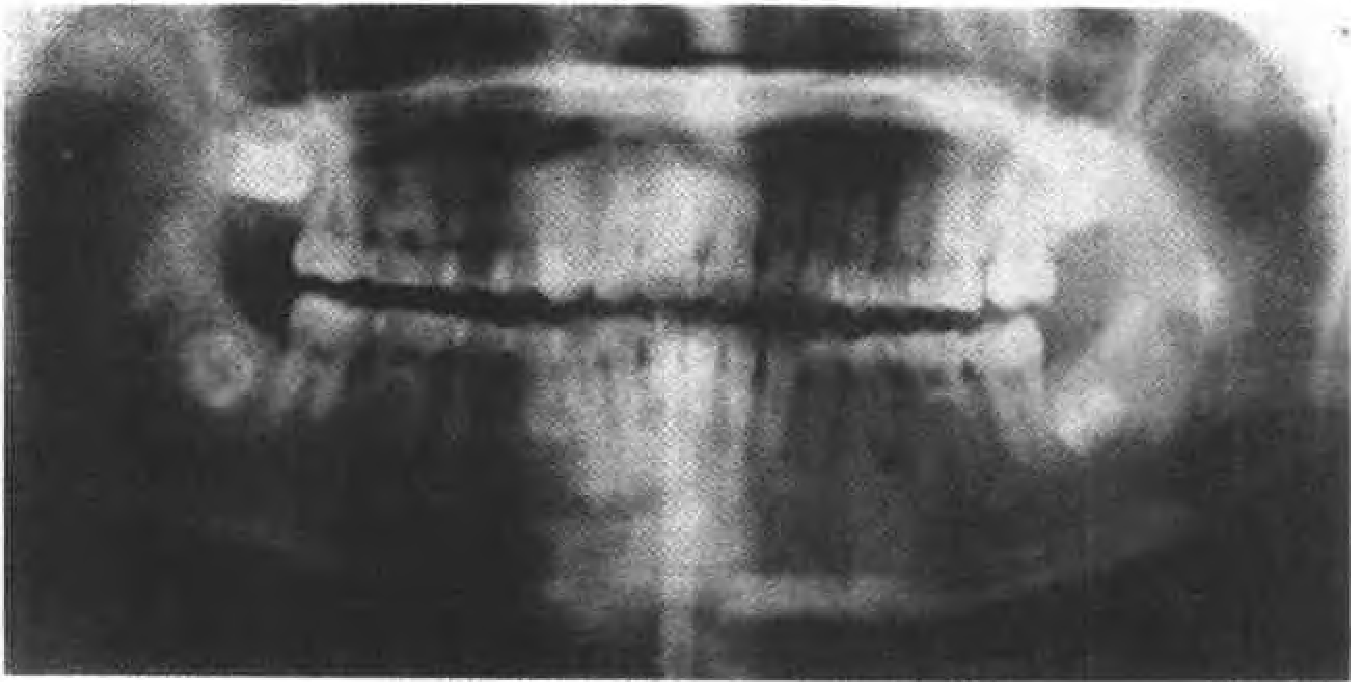
【X 线表现】 多表现为颌骨呈侵蚀性、溶解性破坏。有的先有软组织肿块，首先侵犯颌骨骨皮质，肿瘤迅速发展，造成广泛的骨质破坏，边界不齐，周缘无致密的骨壁线，骨破坏区内无致密的肿瘤骨，无骨膜反应（图 17-2-133）。但个别病例如图 17-2-133（5）所示既有广泛的骨质溶解破坏，但边界较清楚，周缘又有骨硬化；有的表现为骨质呈斑片状、不规则网状破坏；还有少数病例发生于下颌骨的磨牙区，在颌骨内呈似单囊状改变，牙槽突破坏，牙缺失的牙槽窝与破坏区连续，致囊腔形状不规则，边缘不齐无细薄的骨壁线，与正常的骨分界不清；个例发生于上颌骨和颧骨区，主要表现是骨的增生硬化，上颌骨壁增厚，上颌窦腔变小而昏暗，无明显的溶骨征，因此病程长达 12 年，而误诊为骨化纤维瘤（图 17-2-133（1））；如早期仅见软组织包块，可无骨质破坏。

【鉴别诊断】 应与骨肉瘤区别，恶性纤维组织细胞瘤多发于 40 岁以上成年人、无肿瘤骨和骨膜反应。而骨肉瘤多发于 25 岁以下年轻人，有肿瘤骨和骨膜反应，化验检查有碱性磷酸酶增高。与颌骨囊性病变的区别主要从边界不齐，无骨壁线和有软组织肿块等区别之。主要是难与纤维肉瘤区别，特别是周围型纤维肉瘤，应仔细分析 X 线表现、结合临床，最后仍需病理检验作出诊断。

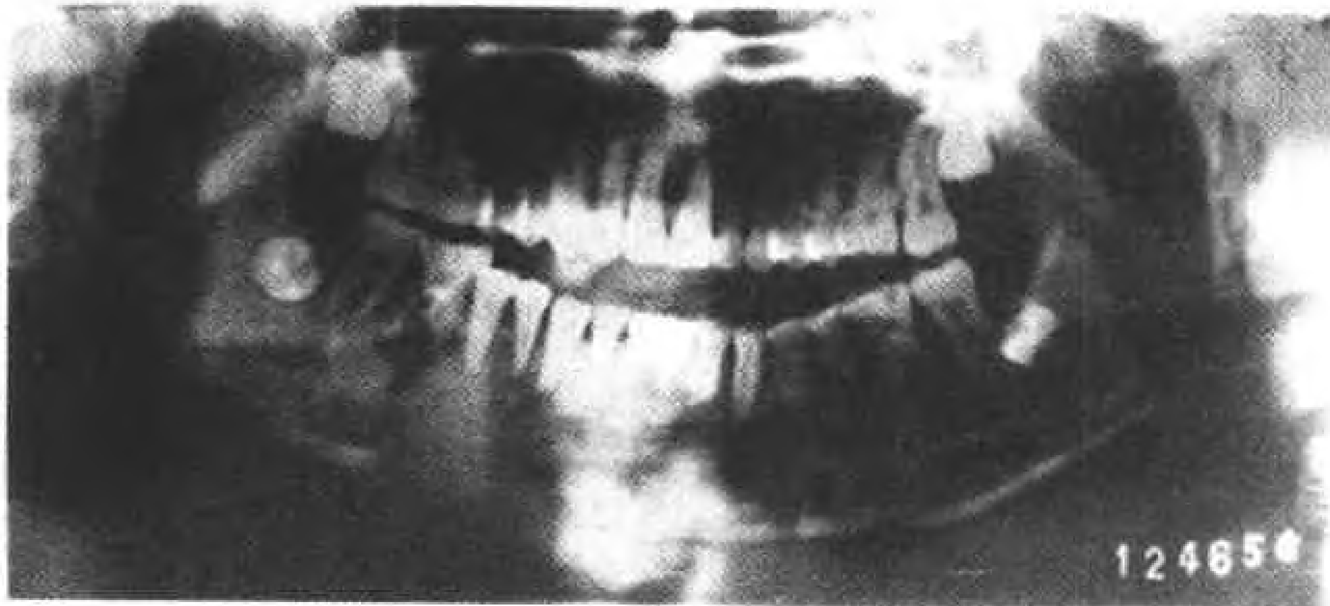
（七）恶性淋巴瘤

恶性淋巴瘤是原发于淋巴结和淋巴结以外的淋巴组织以及单核巨噬细胞系统的恶性肿瘤，种类繁多，现基本上将其分为霍奇金淋巴瘤和非霍奇金淋巴瘤两类，后者又可分为 T 细胞源性、B 细胞源性和组织细胞源性三种。口腔颌面部恶性淋巴瘤发生于牙龈、腭、舌根、颊及颌骨等处，也有是身体其他部位的恶性淋巴瘤扩散而来。原发于颌骨的恶性淋巴瘤也很快穿破骨皮质侵入软组织，形成面部包块。恶性淋巴瘤常沿淋巴管道扩散，如侵入血液，可成为淋巴性白血病。

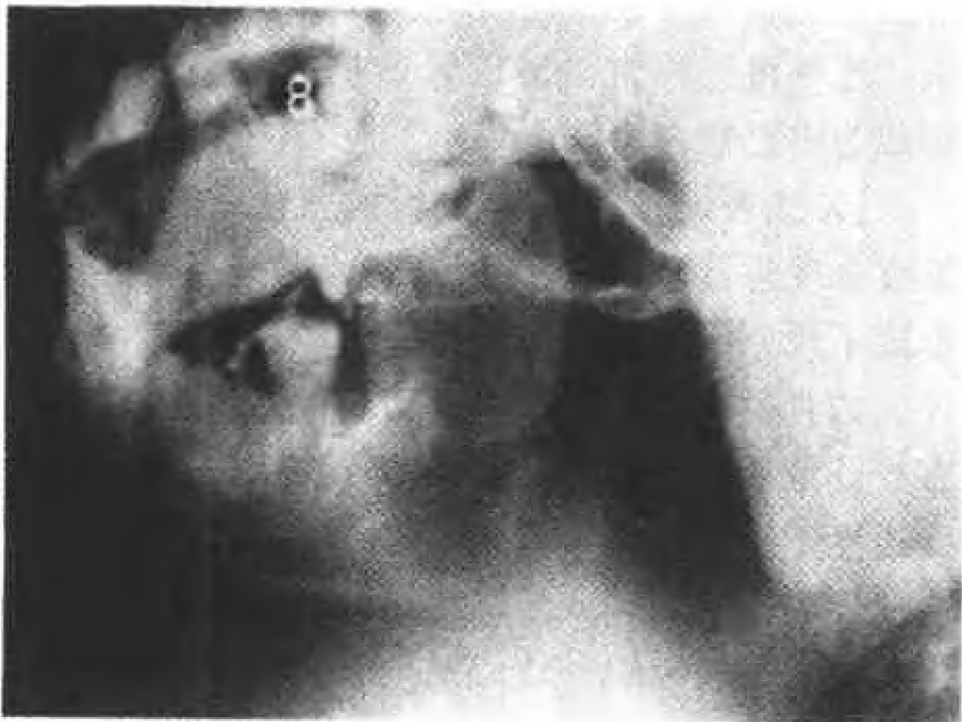
【X 线表现】 原发于颌骨的恶性淋巴瘤，早期 X 线表现为骨松质内骨纹稀疏紊乱如沙粒状，继则形成不规则、弥散性的溶骨性破坏，严重者，呈大片区的骨质溶解破坏，甚至病理性骨折，其间也可有少许散在的尚未完全溶解的点片状的小骨块，病变边界不整齐与正常骨分界不清，常侵蚀牙槽骨，造成牙脱落缺失，或牙飘浮在软组织中。如穿破骨皮质即形成软组织肿块。发生于口腔其他组织的恶性淋巴瘤也常引起颌骨不规则的破坏（图 17-2-134）。



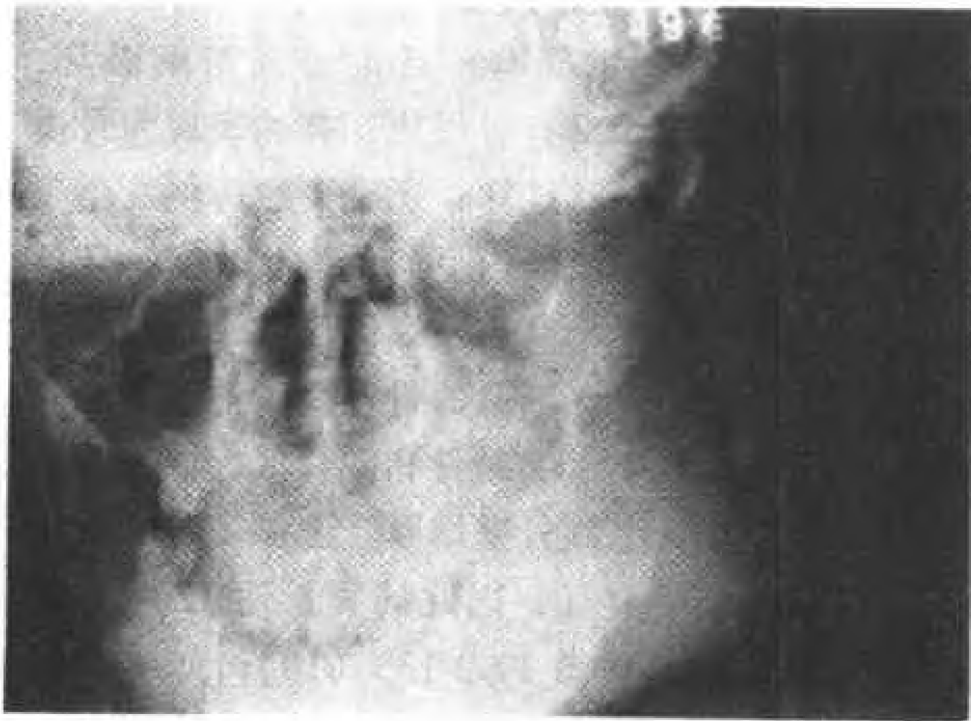
(1)



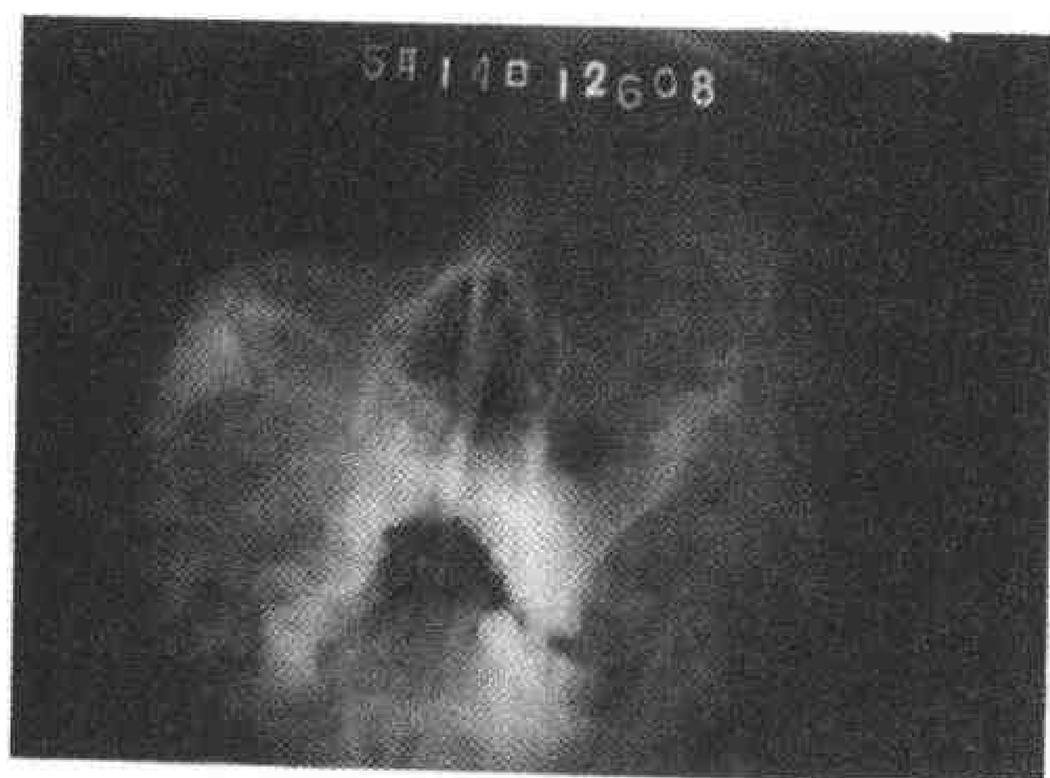
(2)



(3)



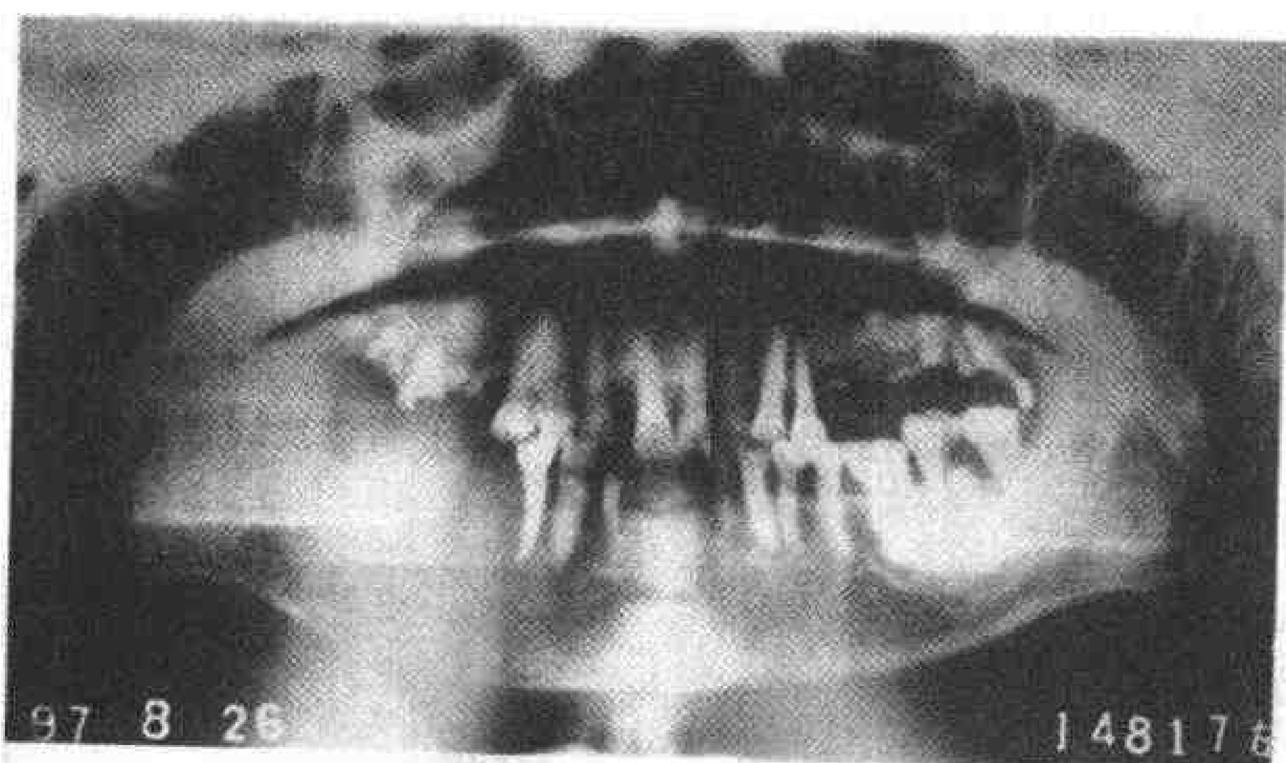
(4)



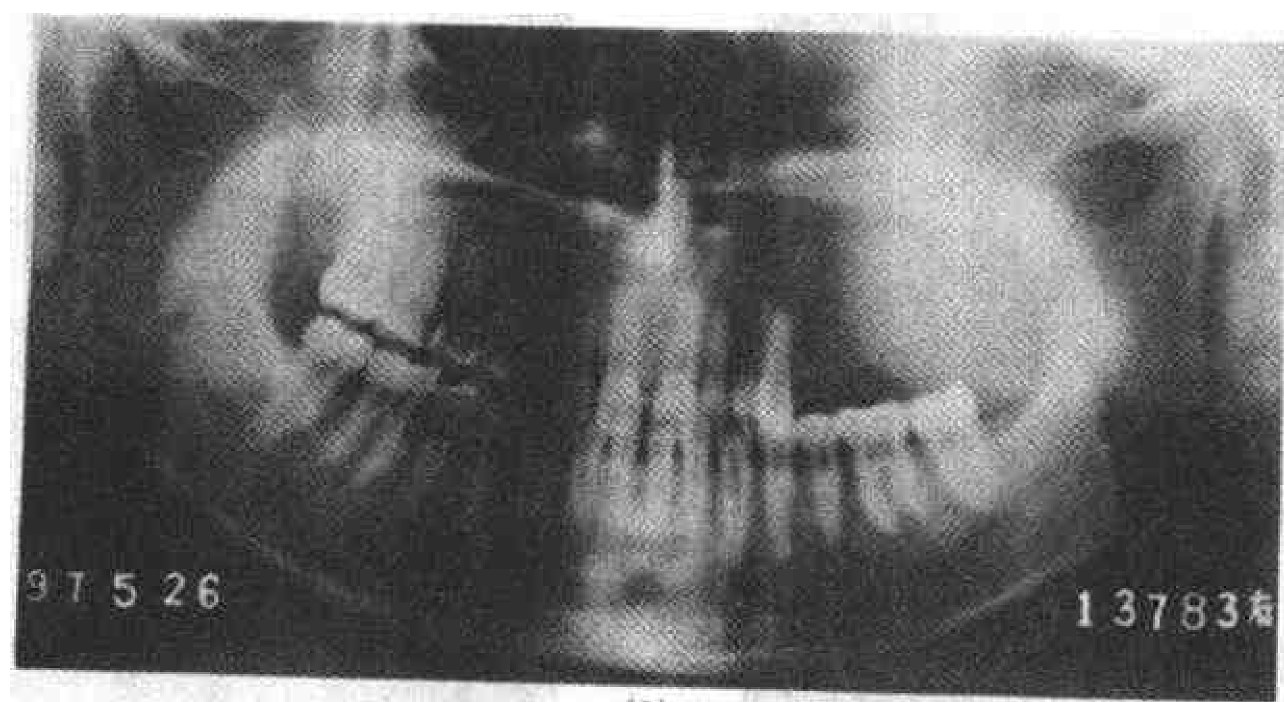
(5)

图 17-2-133　恶性纤维组织细胞瘤

(1)曲面体层片　下颌骨恶性纤维组织细胞瘤，54321|1区下颌下缘皮质骨破坏，似有一块死骨，故临床诊断为骨髓炎；(2)与(1)图为同一患者，女性，16岁，1个多月后下颌骨继续溶解破坏。进展快，迅速发展至双侧下颌骨，1年后死亡；(3)斜侧位　髁突、喙突全部是溶骨性破坏无骨膜反应，无肿瘤骨，面颊部有明显软组织肿块；(4)后前位　与(3)图为同一患者，男性，43岁；(5)华特位　左上颌骨骨质破坏广泛，累及下、内、外侧壁及颧骨，软组织肿块，上颌窦消失



(1)



(2)

图 17-2-134　恶性淋巴瘤

(1) 左下颌骨支及体皆呈虫蚀状溶骨性破坏，无骨膜反应，皮质骨变薄不连续，5678缺失；(2) 右上颌骨骨质溶解破坏，8—5|缺失，4|移位，病理确诊为恶性淋巴瘤

（八）骨髓瘤

骨髓瘤发生于骨髓，为原发恶性肿瘤。一般认为肿瘤起源于骨髓组织的浆细胞故又称恶性浆细胞瘤。可分为单发性和多发性两种。单发性的仅发生在个别骨骼；多发性者是指肿瘤可发生在骨骼的多处，每个骨骼中又可发生多个肿瘤病灶，多发性常见，可一开始即在全身骨骼系统出现病灶，亦可由单发性发展而来，据观察单发性骨髓瘤，经过一段时间后，发展成为多发性。在病理上发现按病变程度不同，骨髓的变化亦不同，有的病例患骨的表面和轮廓均无异常，骨尚坚硬，但骨髓已被灰色肿瘤组织所占据；另一些病例患骨外形虽无异常改变，由于髓腔为肿瘤组织充满，骨皮质变薄甚至穿破骨皮质形成软组织肿块。发病年龄多在40岁以上，男性多见。好发于颅骨、椎骨、胸骨、肋骨及盆骨。颌骨则以下颌骨更多罹患。早期症状不显著，继之出现局部剧烈疼痛，初为间歇性，后为持续性，病灶处可触及硬性肿块并有压痛，随肿瘤的发展可穿破骨皮质，发生病理性骨折。患者尿中可查出本-周蛋白。晚期表现恶病质，如肝、脾、淋巴结受累，贫血，红细胞减少，血浆球蛋白增多，白蛋白和球蛋白的比例倒置，血清钙增高，总蛋白量增加。X线检查对诊断有重要作用。

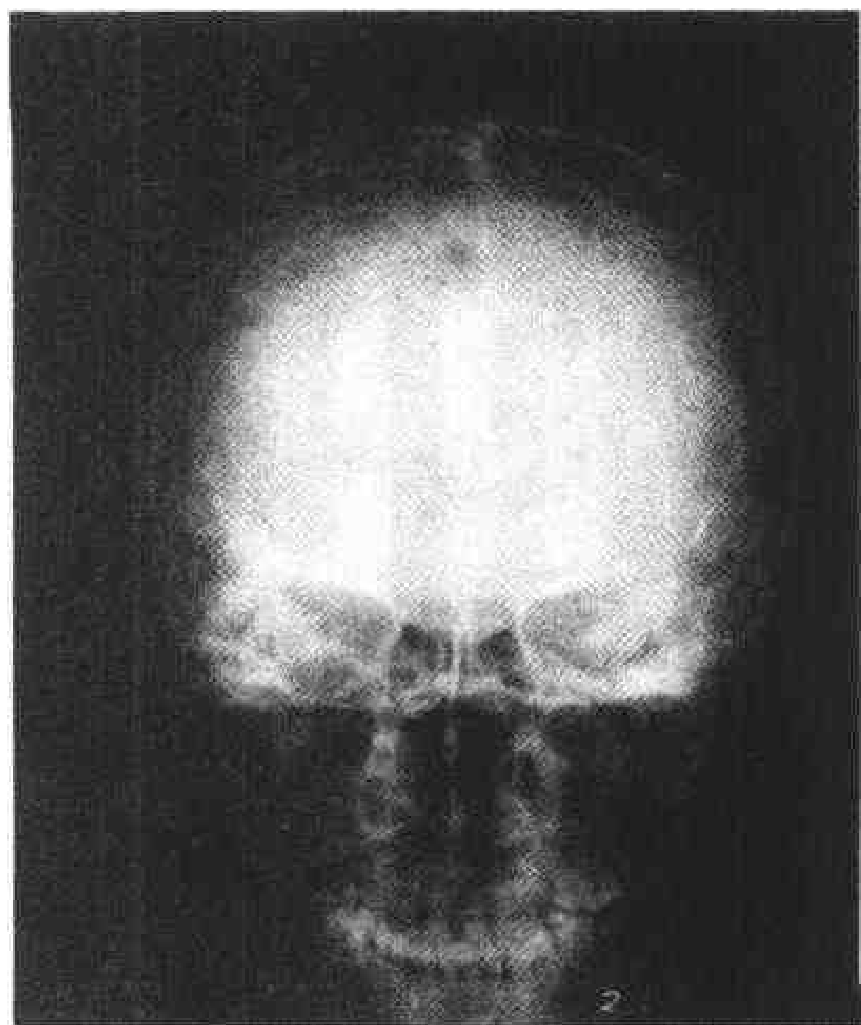
【X线表现】 早期多数扁骨出现广泛的骨质稀疏，骨小梁紊乱，但难以作出诊断。随着病变的发展，主要表现为溶骨性骨质破坏，常呈多发性圆形似凿洞状骨缺损，缺损直径多在1～2cm，小者仅数毫米，边缘清晰，但周围无骨质增生现象，在颅骨上有时还可见到大片区的不规则的破坏缺损区。发生在肱骨、髂骨还可出现囊状分隔样破坏，但无骨硬化。发生在椎骨常有椎体楔状畸形。肋骨的损害表现为肋骨皮质的骨髓腔面呈虫蚀状改变，有时亦可见到大的破坏，肋骨并有普遍松化。

下颌骨除有多发的大小不等的似圆形的洞腔状骨破坏，常还可见较大范围的骨溶解，边缘不整齐，下颌下缘骨皮质破坏，上颌骨病变皆侵及上颌窦，使窦腔昏暗，窦壁骨质破坏缺损（图17-2-135）。

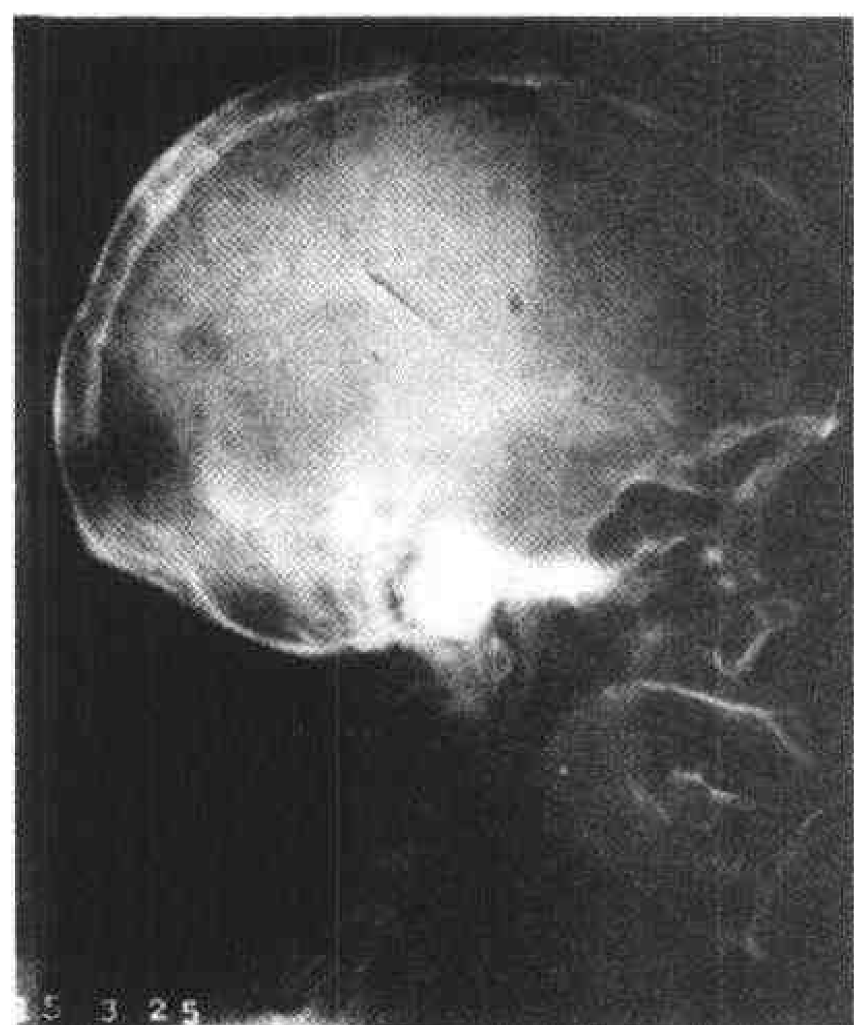
颅骨X线片有较大诊断价值，最多见是顶骨、额骨及枕骨受侵犯，多为多个圆形大小不一的凿洞状缺损，边缘清楚，周围如骨质增生，偶可见轻度硬化边缘。早期病变只限于板障，继之可侵犯颅骨内外板。有时骨破坏呈弥散斑点状，边缘模糊，骨质普遍稀疏。

【鉴别诊断】 应与嗜酸性肉芽肿区别，嗜酸性肉芽肿多发生于儿童和青少年。此外，还应与甲状旁腺功能亢进、老年性骨质疏松、转移性肿瘤区别。

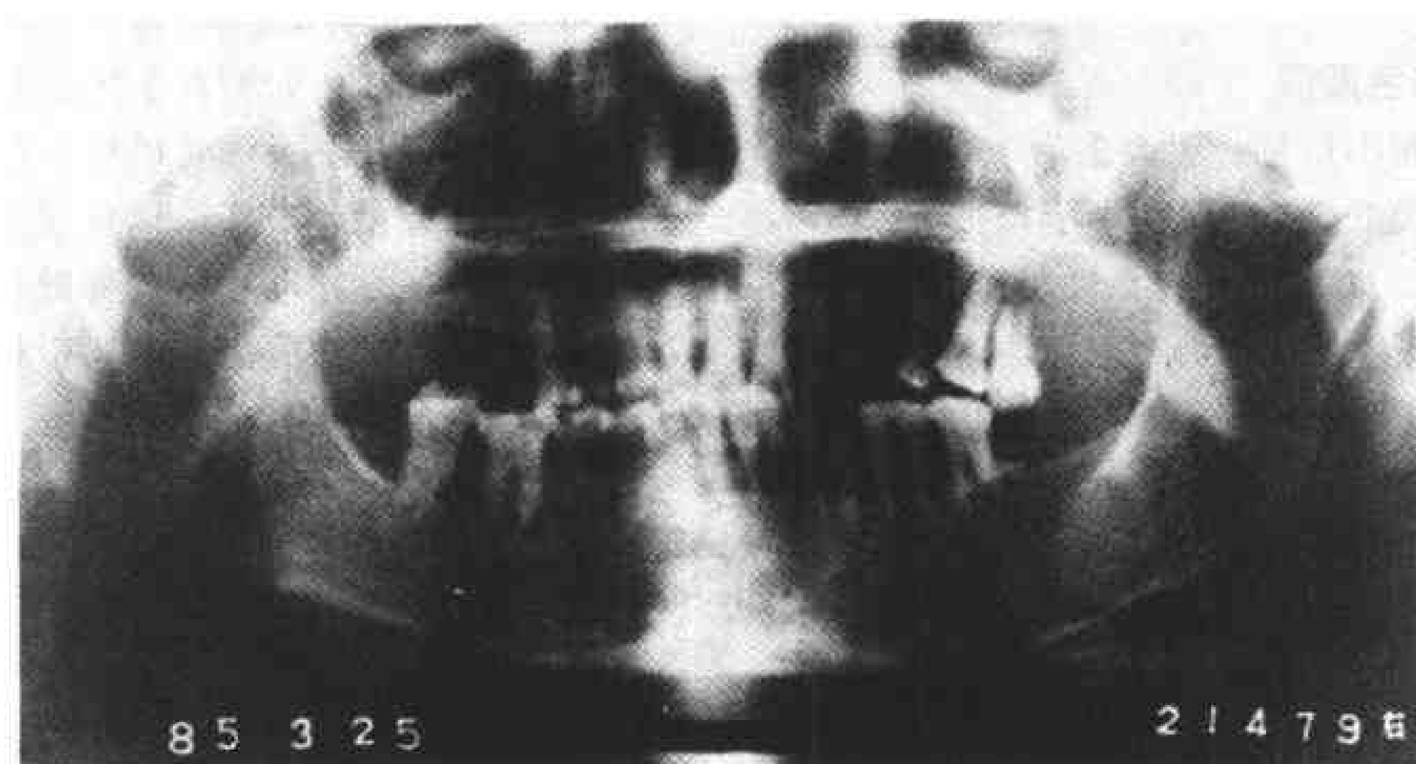
（九）骨内皮细胞瘤



(1)



(2)



(3)

图 17-2-135　骨髓瘤

(1)颅骨正位　颅顶、颞部皆有多数大小不等的腔状破坏;(2)颅骨侧位　颅顶、额、颞及枕骨皆有多数小洞腔状破坏;(3)曲面体层片　右下颌骨体从3至下颌骨有不规则似囊腔状破坏区。左下颌骨于2—7根尖下有一片骨质破坏区,边缘不齐。下颌缘骨皮质变薄。(1)—(3)图为同一患者



(1)



(2)

图 17-2-136　骨内皮细胞瘤

(1) 颅骨侧位　女性，44 岁，额颞部长包块 1 年，X 线颅骨有一大的腔洞状破坏，临床诊断为血管瘤，经局部造影排除血管瘤，术后病检确诊；(2) 华特位　左上颌骨质破坏广泛，软组织肿块，病检证实为内皮细胞瘤

骨内皮细胞瘤又叫尤文（Ewing）瘤，是由骨髓来的原发恶性肿瘤。巨检见肿瘤柔软，富于细胞，缺乏结缔组织间质，但在瘤细胞群中有纤维间隔，剖面常见坏死及出血。

该肿瘤较少见，颌骨原发者更少，可发生于任何年龄，但以 30 岁以下男性多见。患骨区疼痛、压痛，局部有温热感，肿块生长迅速，其表面常有溃疡。常发生转移。上颌者可侵入上颌窦，下颌可侵及下颌神经管因而有下唇麻木。

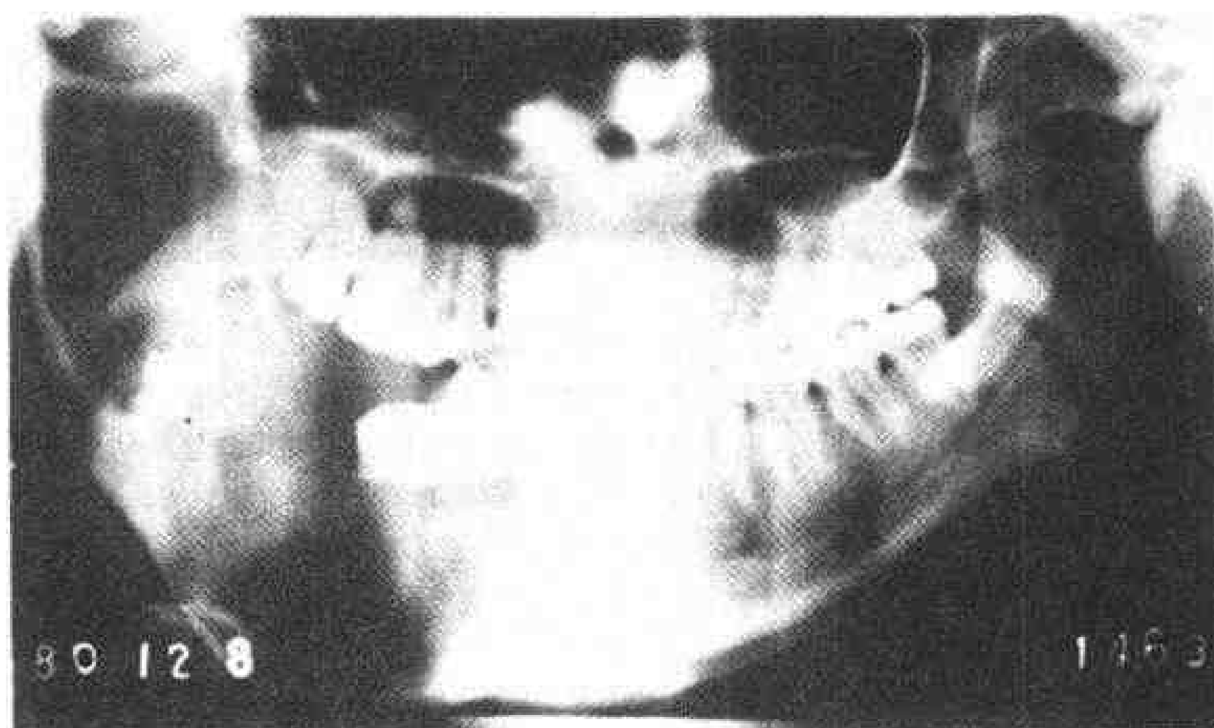
【X 线表现】 本病为骨松质的弥散性中心性骨溶解破坏，蔓延至骨皮质，同时刺激骨膜，并产生非肿瘤性新骨形成或很少骨膜下新骨，这些反应新骨可成葱皮样，有时也呈日光放射状，与骨肉瘤难以区别。穿破骨皮质侵入软组织形成肿块（图 17-

2-136）。

（十）恶性黑色素瘤

恶性黑色素瘤不常见。患者多为中、老年人，常发生于皮肤和粘膜处，在我国发生于口腔粘膜者反比面部皮肤为多。口腔粘膜的恶性黑色素瘤，恶性度高，多发生于牙龈、腭部及颊粘膜。肿瘤呈蓝黑色或肿块上有色素斑点，多呈结节状或乳突状，生长很快，可侵及邻近颌骨组织，常发生广泛转移。

【X线表现】 如原发于牙龈者首先肿瘤侵蚀牙槽骨，引起牙槽突及颌骨破坏；如发生于腭部者则造成硬腭及牙槽骨破坏，以致侵入上颌窦。软组织肿块扩大，使牙松动移位，骨破坏边缘不整齐，无骨膜反应，与牙龈癌骨质破坏很相似，结合临床检查不难区别（图 17-2-137）。



（1）



（2）

图 17-2-137 恶性黑色素瘤

（1）左下颌支及体呈囊性变，体部破坏边缘不光滑并向下膨出显著，牙槽骨破坏，牙移位明显，当初诊断为成釉细胞瘤恶变但术后确诊为恶性黑色素瘤；（2）左上颌骨质破坏广泛，并累及颧骨，并有较大软组织肿块，呈黑褐色。术后亦确诊。右上颌窦有积液的液平面

五、颌骨转移瘤

颌骨转移瘤少见，肉瘤或癌均可转移至颌骨，但一般以癌为多见。Bhasker 报道人体全部恶性肿瘤仅 1％转移到颌骨。其中又多转移至下颌骨。转移的途径主要是通过血行播散和淋巴道转移。

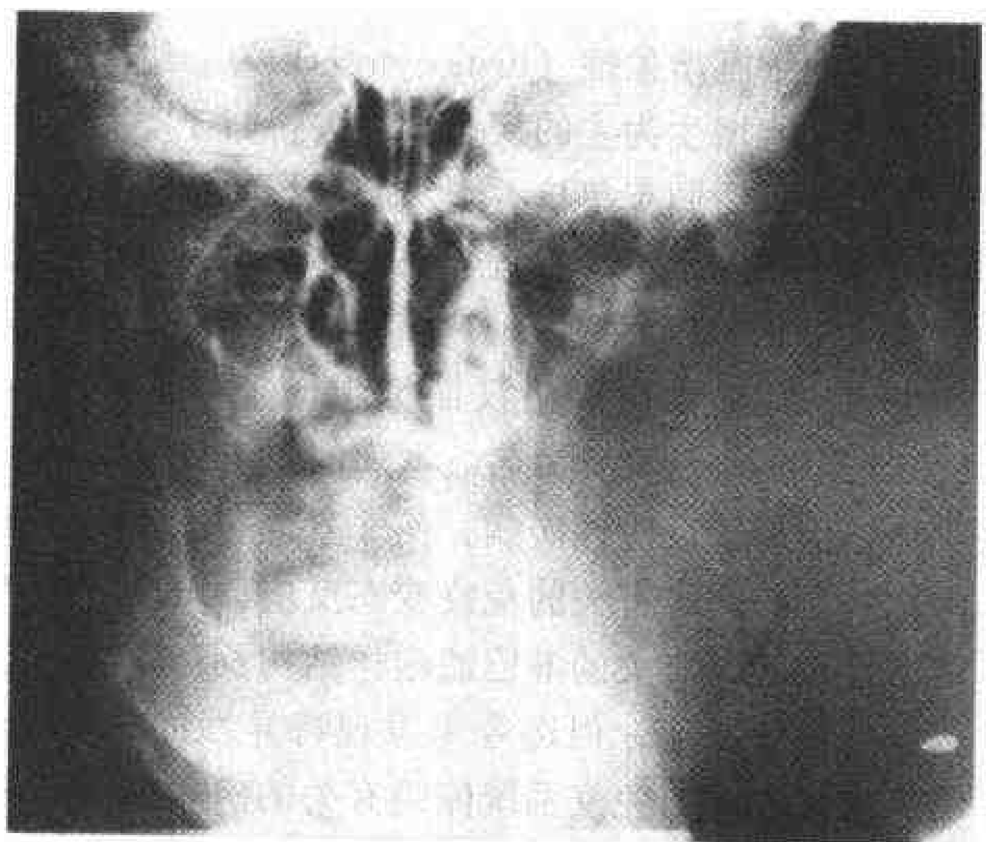
至于原发部位，文献报告均有差异。有报告是肺癌转移至颌骨最多，其次是乳腺癌、甲状腺癌等；也有统计报告为甲状腺癌转移居首位。有些恶性肿瘤的原发灶非常隐蔽，而是通过影像学检查确定为转移病变，专找原发病灶。或原发恶性肿瘤已切除多年才出现转移灶，在这种情况下，最易被误

认为原发骨肿瘤。在有原发肿瘤明确者诊断不难，原发灶隐蔽者诊断则较难，要依靠综合检查进行诊断，最后还是病理确诊。

【X线表现】 转移性骨肿瘤一般分为溶骨性、成骨性及混合性三类。常为多发。成骨性转移灶比溶骨性转移灶更易显示，因此成骨性转移瘤亦能比较早期发现。但溶骨性转移多见（图 17-2-138）。



(1)



(2)

图 17-2-138　颌骨转移瘤

(1) 右下颌斜侧位　全口牙缺失，下颌支全部溶解破坏，体部整个骨质脱钙无膨大，有多个大小不均的洞腔状破坏；(2) 下颌后前位　与 (1) 为同一患者，下颌支全部破坏后向内外形成巨大软组织包块。患者女性，52 岁，病程 5 年多，临床诊断为血管瘤，经瘤腔造影排除血管瘤，术后确诊为甲状腺癌转移

溶骨性者表现为多发性斑片状，似圆形或卵圆形的骨破坏，边缘不规则如蚕食状，无硬化，无骨膜反应。也有呈囊状骨破坏，或呈肥皂泡状骨质破坏。有时多个破坏区可融合为一块大的骨质破坏，如骨皮质尚未受累则可显示病骨区膨大，一旦骨皮质破坏即引起病理性骨折，而且肿瘤组织可突出形成软组织肿块。经过放疗或化疗后，破坏区可有重新钙化。

成骨性者其原发肿瘤多为前列腺癌，其次是乳腺癌、膀胱癌等。X线呈斑点状或团块状硬化区，边缘不齐，逐渐移行为正常骨，骨小梁增厚。骨膜下可出现数量不等的新骨，有的可表现为放射状骨针，但不是瘤骨。

混合性者同时具有两者特征。

六、口腔颌面肿瘤的肺转移

胸部是转移肿瘤的好发部位。其途径可为血行、淋巴道或邻近部位的恶肿直接蔓延。胸部X线检查，是发现转移灶最简便、易行、直接的检查方法。由于转移途径和原发肿瘤病理组织学类型的不同，X线征象亦因之出现各种特征。

(一) 血行转移

肺是全身血流必经部位，且肺泡内毛细血管网极为密集，因此，经血液循环而来的全身任何器官或组织的瘤栓，易于在肺内沉积下来，形成转移性肺肿瘤。

【X线表现】

1. 一般为多发性转移灶，并按肺血流量多少的分布特点，以下肺野为密集，向肺的中上部逐渐稀少。定期复查，双肺病灶数量进行性增加。

2. 血行转移性肺肿瘤的形态，可为粟粒状、小结节状、结节状，偶尔为片状（图 17-2-139）。

3. 转移的结节状阴影，无论大小，其边界清楚。如出现边缘不规则，多由于肺转移瘤周围伴有出血所致，也可能是经过化疗或放疗后，使转移瘤的边缘不规则而模糊。

4. 双肺转移灶的形态相似，但大小不同。定期复查，可见转移灶体积明显增大。一般转移灶体积愈大，数量愈少；反之体积愈小，转移灶的数量愈多。

5. 单纯的血行转移性肺肿瘤，很少伴肺门和纵隔淋巴结长大征象。

6. 空洞型转移瘤是血行转移的特殊X线表现。在多数的肺转移灶中，仅有部分病灶出现空洞。空

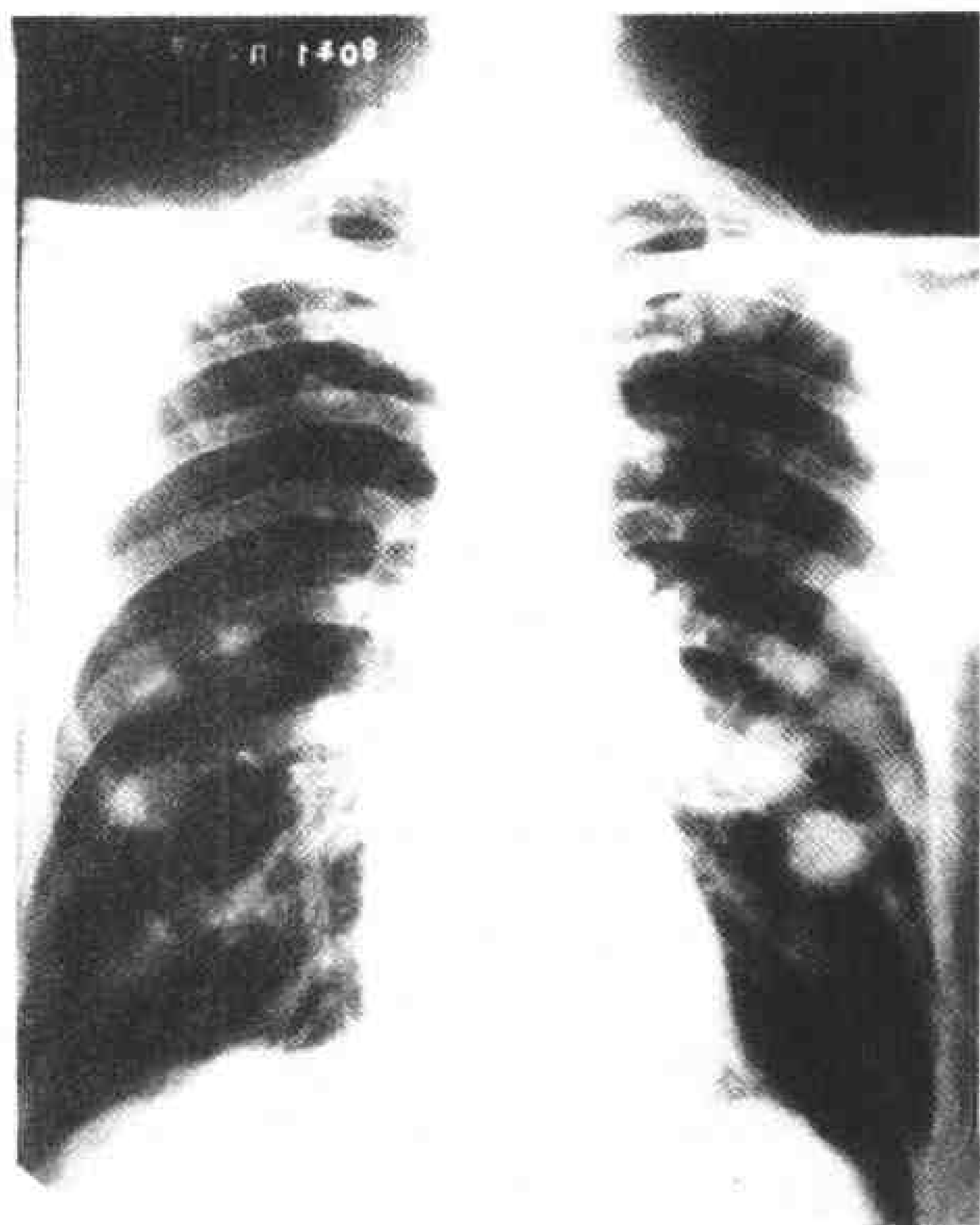


图 17-2-139 腮腺腺样囊性癌的肺转移

洞的形状及洞壁厚薄程度也不一致,可呈薄壁如环状,或厚壁似靶状,甚至不规则状。有的空洞内可见液化而显示出液平面征象。形成空洞的机制一般认为有多方面的因素:广泛的血管内癌栓,致转移瘤中心血供不足;有些转移瘤有囊性变倾向;有的是肺组织原有肺大泡存在,如在该处发生转移瘤即形成薄壁空洞。有少数空洞型转移瘤可并发自发性气胸。

此型转移瘤以颌下腺囊性腺样癌、鼻咽癌、牙龈癌、上腭和上颌窦的鳞状细胞癌等的转移常见。

7. 钙化性转移瘤 亦是血行转移的一种特殊表现。有时在转移瘤中央可见有钙化,以颌骨肉瘤或软骨肉瘤可有此钙化征象。

8. 单发的肺内转移亦可见,多呈球形、边缘光滑锐利,有时可呈分叶状。

(二)淋巴道转移

胸部有丰富的淋巴管网,并汇集于肺门和纵隔淋巴结。与胸部相邻的颈部、上腹部以及胸壁,与纵隔淋巴结之间存在着直接或间接的淋巴道的交通,而口腔颌面部又与颈部有最密切直接的淋巴道交通,因而通过淋巴道的转移也是可能的。

【X线表现】 常见一侧或双侧纵隔和肺门淋巴结肿大时肺门增宽密度加高,有时可见不完全的肿块边缘,因与肺门纹理重叠不像在肺泡内显示清楚,尤其是肺门淋巴结肿大不显著时,更应仔细研究影像的实质,必要时可作体层摄影或CT等检查,以便早期诊断。当癌肿进一步向肺内淋巴系统扩散时,表现为一侧或双侧肺纹理增多、增粗或呈串珠状,肺纹呈线网状。如伴有胸膜增厚或胸腔积液,提示可能有胸膜的转移。

有的癌肿可能既经淋巴道,又经血行转移至胸部,在这种情况下,胸部X线则表现为两种转移途径的征象。

【鉴别诊断】 主要是应与结核瘤和弥漫性细支气管肺泡癌区别,从发生部位结核瘤多在肺上部,并结合临床不难鉴别。只是单发性转移瘤不易与原发于肺的肿瘤区别。

(雷荀灌)

第九节 系统病在口腔、颅、颌面骨的表现

一、组织细胞增生症

组织细胞增生症(histiocytosis)为一组少见的以组织细胞增生为主的疾病,过去曾归于类脂质代谢障碍,以后归于单核吞噬细胞系统的疾患,又称网状内皮细胞增生症。近年来许多学者通过电镜及免疫组织化学研究认为组织细胞即是变异的朗格汉斯细胞,故提出用朗格汉斯细胞增生症(Langerhans cell histiocysis)命名。本病的病因及发病机制不清,但属于反应性疾病,而非真性肿瘤。有人认为本病是与病毒有关的免疫变态反应,可以解释和嗜酸性肉芽肿有关的淋巴滤泡样结构及对不同化疗药物的良好反应,但迄今未发现特异性的微生物;有人提出本病与免疫系统障碍有关的疾病。本组疾病包括骨嗜酸性肉芽肿、韩-许-柯病及勒-雪病,这三种疾病由于发病年龄、病变部位和组织细胞增生的程度不同而出现不同的症状和病程,其预后亦不相同。1953年Lichtenstein认为三者组织病理结构相似及各临床表现类型间可以互相转化的可能性。

1. 骨嗜酸性细胞肉芽肿(eosinophilic granuloma of bone)又称局限性组织细胞增生症,可发生于任何年龄,但以5~10岁儿童最为多见,男性多

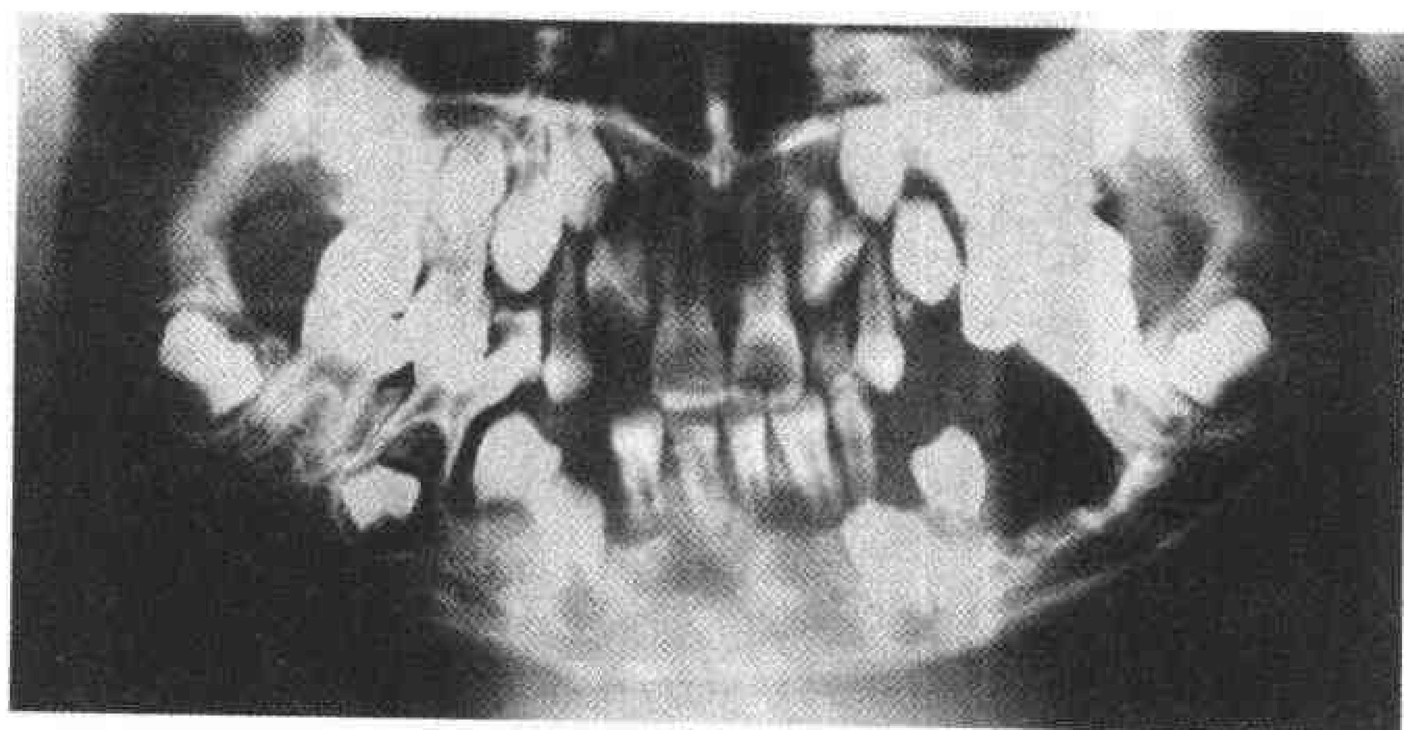
见。为组织细胞增生症预后最好的一种。病变多发生于骨内，但软组织亦可发生。好发部位，颅骨最常受累，其次为颌骨、肋骨、脊柱、锁骨、骨盆及股骨等。发生于颌骨又多见于下颌骨，可以单骨单发病变，也可以多骨多发病变。单骨单发病变可发展为多骨多处受累。通常多为单骨性损害，单骨单发病变多发于10～20岁一般预后良好。多发病变治疗后易复发。很少累及内脏器官。个别可伴有肺部间质炎症。一般无全身症状，病变多发时，可有低热、食欲不振及体重减轻等。发生于颅骨时，可有头痛，局部出现软组织肿块，可扪及波动感。颌骨受累时，受累部位发生肿大、疼痛，常有牙槽骨受累，故可见牙龈肿胀、溃疡、牙松动或脱落，合并感染时可有牙龈出血等。

巨检病变呈溶骨性破坏，边缘清楚，肉芽肿呈棕黄色或灰黄色，质软易碎，可穿破骨皮质侵入软组织（图17-2-140（1）（2））。

2. 韩-许-柯病（Hand-Schuller-Christian disease）又称慢性播散性组织细胞增生症，主要发生于2～6岁儿童，男性多见。往往有多处骨病变及骨外病变。本病有三大特征即颅骨缺损、突眼和尿崩症。当病变侵犯眶骨可引起突眼；病变位于蝶鞍时，可侵犯脑下垂体引起尿崩症。但三种症状表现齐全者为少数，有人统计仅占本病的10%左右。



(1)



(2)

图17-2-140　骨嗜酸性细胞肉芽肿

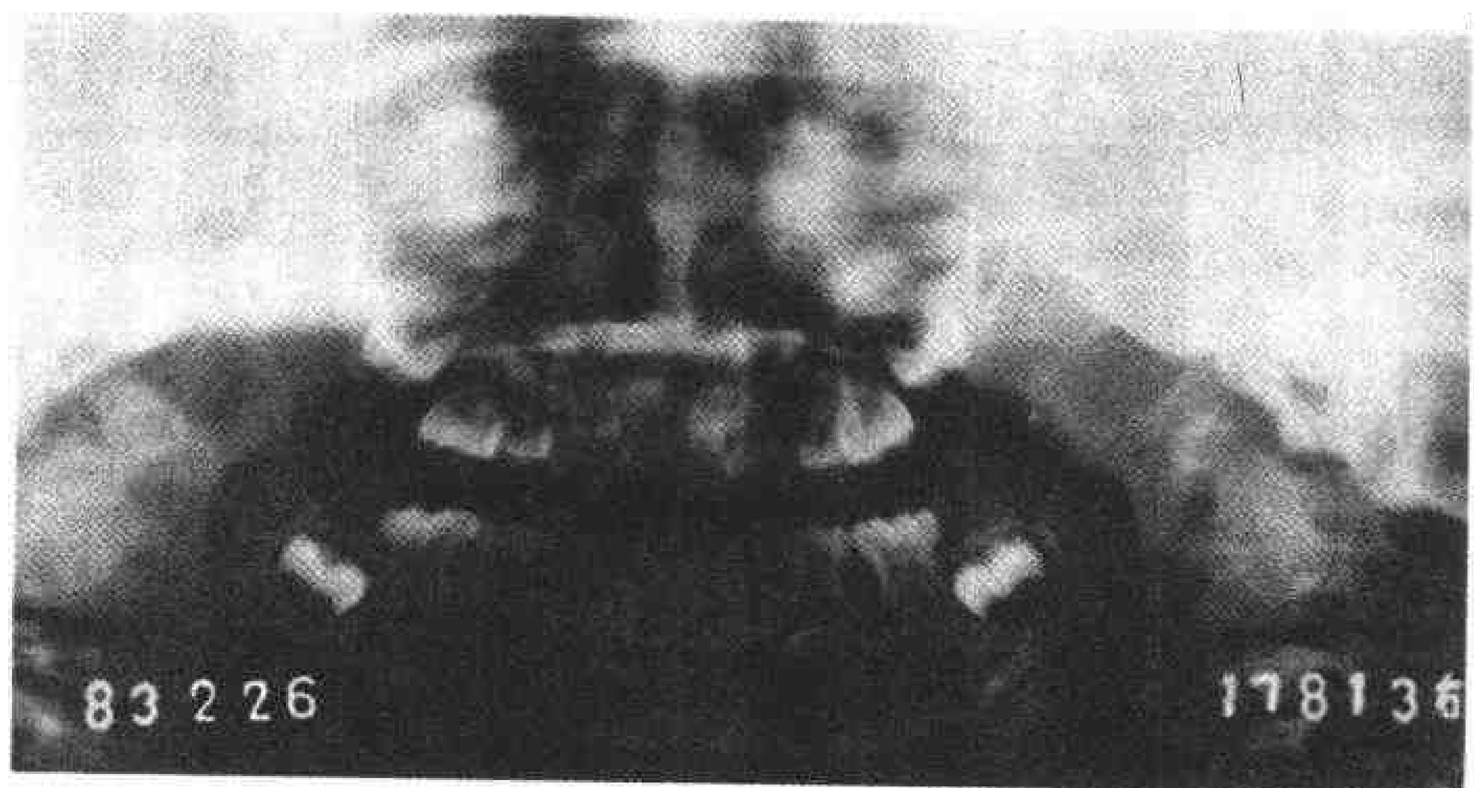
（1）颌骨体型　女性，3岁4个月，右下颌骨体呈穿凿样破坏；

（2）牙槽突型　$\overline{6—1}|$牙槽骨不规则破坏

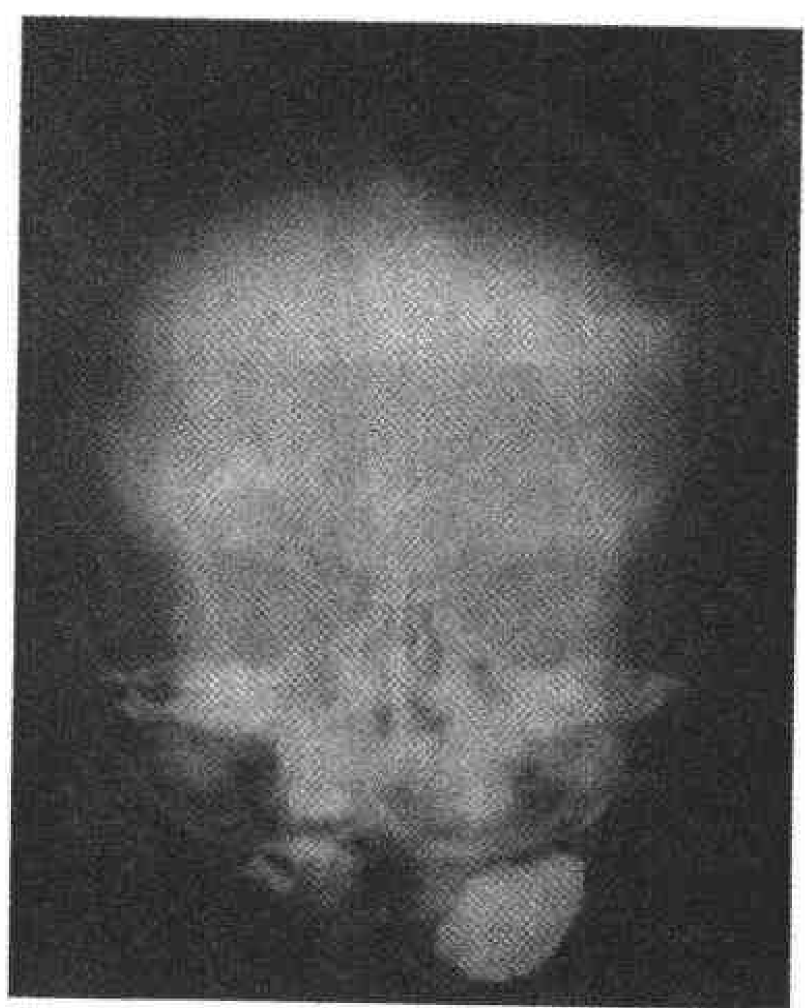
骨骼受累亦以扁平骨最易发生。好发部位主要是颅骨，其次为颌骨、盆骨、肋骨及脊柱等，长骨亦可受累（图 17-2-141（1）（2））。

本病一般发病缓慢，病程较长，在组织细胞增生症中预后中等，少数患者可急性恶化而发展为勒-雪病。颅骨受损部出现软组织肿块，可扪及骨质缺损边缘不齐及波动感。颌骨受损时，可于局部出现肿块、牙松动、牙龈肿胀、溃疡等。部分患者可有肝、脾、肺、淋巴结及皮肤受累。

3. 勒-雪病（Letterer-Siwe disease）又称急性播散性组织细胞增生症，多发生于 2 岁以下的婴幼儿，为组织细胞增生症最严重的一型。起病急剧，有反复或持续高热，早期出现皮疹，皮疹一般先发生于发际及头颈部，以后遍及全身，甚至发生出血性皮疹。可有广泛内脏器官受累，如肝、脾及淋巴结肿大，进行性贫血，易伴发间质性肺炎。并有多发性骨损害。口腔临床表现主要为牙龈广泛肿胀、乳牙松动，出现“漂浮症”等。由于此病全身症状严重，故首先是到儿科求治。如治疗不及时，预后差，死亡率较高（图 17-2-142（1）（2））。



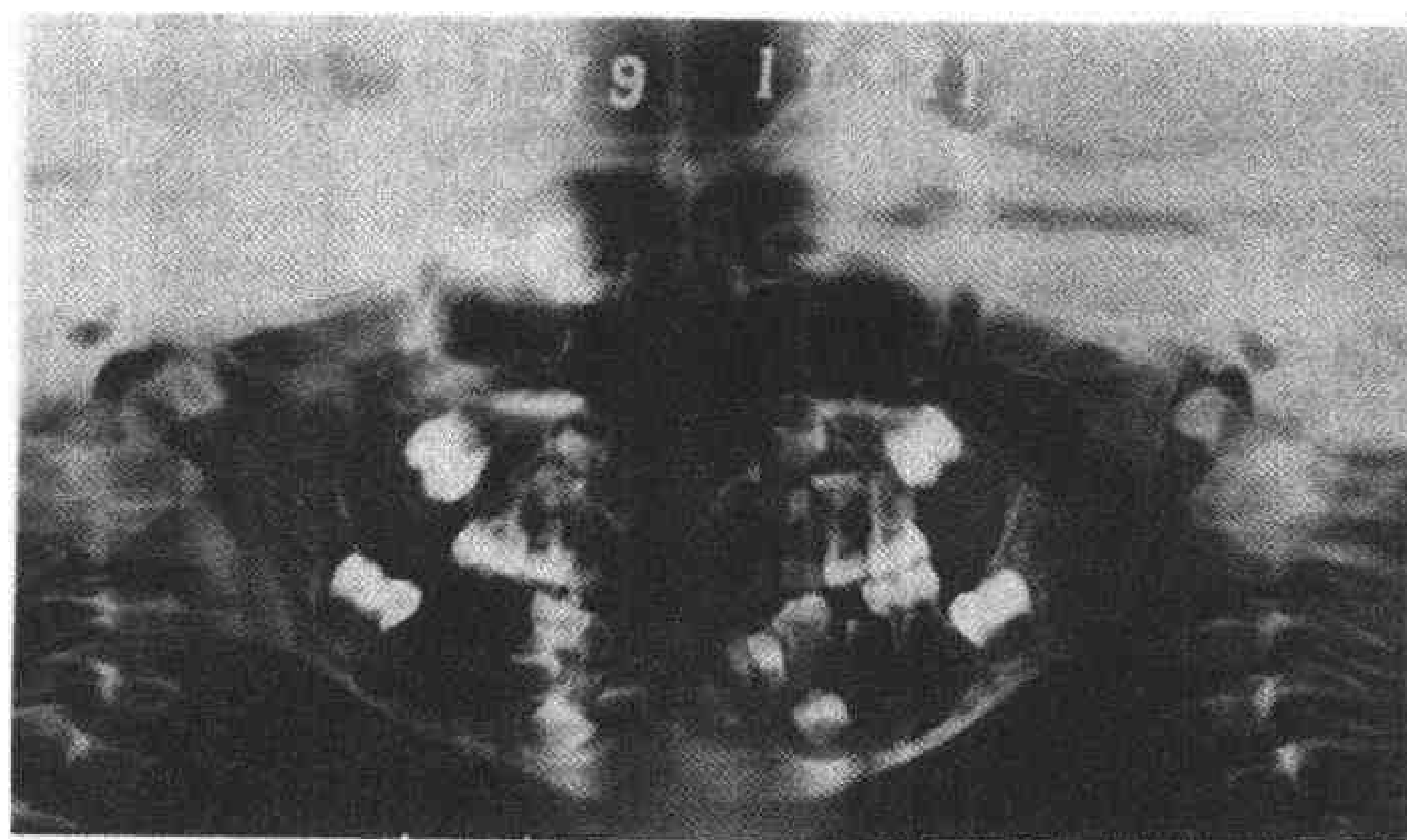
(1)



(2)

图 17-2-141 韩-许-柯病

（1）女，3 岁，右下颌部肿胀，牙松动，$\overline{V-II}|$区颌骨轻度膨胀并呈洞腔状破坏；（2）与（1）为同一患者的颅骨损害，顶骨显示有一大的凿洞状破坏



(1)



(2)

图 17-2-142　勒-雪病

(1)病儿女性,2岁,下颌牙皆松动,伴面部湿疹,躯体部皮疹,眼球突出,肝、脾肿大,烧热,体温38.5℃;(2)颅骨侧位　与(1)图为同一患者,颅顶部有一大的洞腔状破坏

【X线表现】　组织细胞增生症主要X线表现是骨骼系统的损害，颅骨为最好发部位，其次为颌骨等。部分患者可有股骨等长骨受累。韩-许-柯病和勒-雪病常伴有肺部疾患。

(1) 颅骨病变的X线表现：局限性、弥散性组织细胞增生症均可引起颅骨损害，多表现为大小不等的呈圆形或类圆形穿凿样骨破坏缺损，边缘锐利（图 17-2-141 (2)）。可以单发，亦可多发。最常累及额骨，其次是顶骨和枕骨。病变常由板障开始，逐渐累及内、外板，可越过颅缝。多数小的溶骨性病灶可融合成较大片的不规则骨缺损区，呈“地图样”破坏改变，有时在破坏区中心可见残留的密度较高的岛状骨片。常无骨硬化及骨膜反应，有的患者可出现轻度硬化边缘。在韩-许-柯病患者

还可见眶骨破坏，可为单侧眶骨破坏，亦可为双侧眶骨均受累，眼眶扩大。少数韩-许-柯病患者可有蝶鞍破坏。

(2) 颌骨病变的X线表现：颌骨病损以下颌骨多见。可以单发于颌骨，亦可单颌多发，或一颌单发一颌多发及上、下颌骨皆多发。也可伴有颅骨损害。嗜酸性肉芽肿常为一颌单发。颌骨病损主要表现为溶骨性改变，可分为以牙槽突破坏为主的牙槽突型及颌骨型两类。

牙槽突型　病变从牙槽突开始侵蚀破坏牙槽骨，骨牙槽突骨质破坏严重广泛，但多是累及颌骨后部牙槽突，病损继续扩展至颌骨体，形成以牙槽骨为主的凹陷的似半圆形的骨质缺损区，边界清楚，边缘可规则可不规则，牙常受累，严重者可使牙周围骨质完全破坏而牙根为软组织支持，呈现“漂浮症”。有的患者由于骨质破坏广泛，边缘模糊，界限不清，颇似恶性肿瘤的颌骨破坏。此型病变在局限性或弥漫性患者较多见，但在弥漫性患者中更为常见（图 17-2-140 (2)）。

颌骨体型　多发生于下颌，病变开始于下颌骨体中央，病变发展向上可累及牙槽突骨质，严重时亦可使牙槽骨破坏较广泛，牙亦可呈漂浮症；病变向下或向后发展可直达下颌骨下缘或升支后缘骨质，甚至可达乙状切迹。此型亦以溶骨破坏为主，有时在骨破坏区内有残存骨隔，使之似呈多囊样，骨分隔粗细不匀排列不规则。可见颌骨轻度膨胀，骨膜反应，骨皮质可不连续。有的患者颌骨破坏广泛，似溶骨性骨肉瘤改变；有的患者病变发生于下颌角及升支部，不仅有广泛的溶骨破坏并伴有骨质增生骨膜呈线状、带状或分层状；有的患者病变形状较规则呈圆形或卵圆形（图 17-2-140 (1)）。

根据对组织细胞增生症患者的追踪观察，在骨破坏缺损的边缘，从无硬化发展为有硬化，从清晰锐利变为模糊不清，或骨的缺损区内从无骨纹结构发展出现有骨纹结构时，提示骨病变的愈合趋势。颌骨体型病变则在局限性患者中较多见。

(3) 肺部改变：韩-许-柯病和勒-雪病伴有肺的损害。主要表现为间质性肺炎，以肺中下部肺纹理明显增多增粗且模糊不清，甚至呈小絮片状或似粟粒结节状。严重者可发生纤维化。少数患儿甚至出现气胸。往往合并呼吸道感染，以致误诊为支气管肺炎。

【鉴别诊断】　具有典型的X线表现和临床症状的组织细胞增生症较容易诊断。但部分患者不具典型表现。本病又无特异性生化检验指征，最后均需经病理检验确诊。在X线诊断上应与骨髓瘤、牙龈癌、溶骨性肉瘤、骨髓炎及牙周病骨质吸收等疾病区别。应密切结合临床及其他检查综合全面资料作出诊断，多数病例最后仍应以病理诊断为准。

二、甲状旁腺功能亢进

甲状旁腺功能亢进多由于患甲状旁腺肥大或甲状旁腺的腺瘤，引起甲状旁腺功能亢进，而造成全身性疾患。多见于30岁以上患者，女性多见。

甲状旁腺的功能主要是维持血清钙的正常浓度，当血清钙离子浓度下降时，可刺激它产生更多的甲状旁腺激素，使血清钙回复到正常水平。甲状旁腺激素能保持血清钙的平衡，其作用是促使骨内破骨细胞活跃，引起骨质吸收，将钙和磷释放到血液中；再者抑制肾小管对磷的再吸收；还可促进肠粘膜上皮细胞对钙和磷的吸收。当甲状旁腺激素分泌增加时，促进破骨细胞活动特别增加会引起溶骨作用，溶解的钙质进入血液，而使血钙增高，则在体内有钙盐异常沉着，常引发胆结石、肾结石、钙化性肾功能不全。骨的病变是全身的骨骼皆有脱钙吸收，由增生的纤维结缔组织代替骨组织，多数骨可形成纤维性囊性骨炎。颌骨被侵犯时可有骨溶解膨大，出现软组织包块，局部疼痛，由于牙槽骨的吸收，出现牙的松动、移位、殆关系错乱。全身可出现多处骨痛，常有腰腿痛，严重者可致走路困难，或轻微创伤即引起骨折，脊柱及四肢长骨的畸形等，高血钙的症状为厌食、恶心、呕吐、肌肉松弛易于疲乏无力、嗜酸。血液检査有重要意义，血清磷降低，血清钙和碱性磷酸酶增高。

【X线表现】　X线检查对诊断有重要意义。骨质改变包括：①普遍性骨质疏松脱钙密度减低，骨小梁粗糙，骨皮质呈层状骨质疏松，在密度减低区内可同时有密度正常或增高区，这在颅骨和腰椎上较明显；②骨密度减低累及全身骨骼，骨皮质变薄，骨小梁稀少而粗糙，非持重骨的骨膜下皮质吸收为本病的特有X线征象，以掌指骨的骨膜下皮质吸收最据诊断意义。这种骨皮质吸收最易发生在指骨桡侧基底部，也易发生在掌骨、肋骨、锁骨等处。有的在骨皮质表面形成粗糙的切迹样骨质缺损，另一种表现蚕蚀样外观；另外类似骨膜下皮质

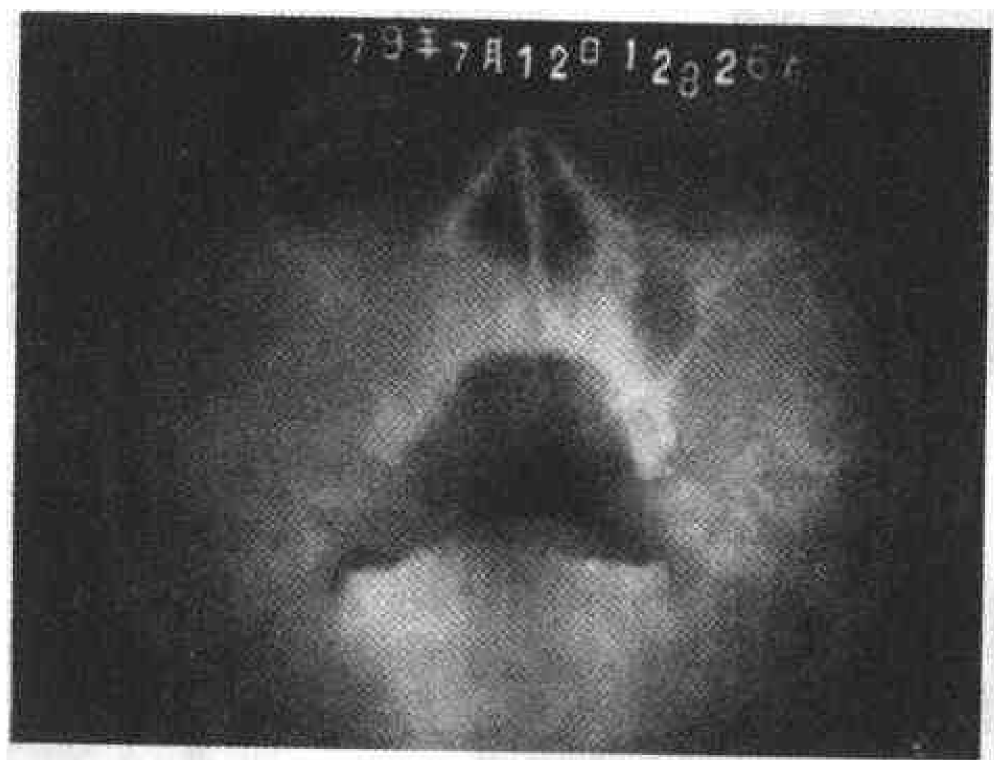
吸收，可以表现为在末指的远端呈锯齿状的骨吸收。牙槽骨广泛的稀疏脱钙密度减低，牙槽窝骨硬板消失；③囊样骨吸收可发生于任何骨，在普遍性骨质疏松影像内出现边界较清或不清楚的似囊腔状的密度减低区，且可使骨膨大易被误诊为骨肿瘤或囊肿，此种表现又称为纤维性囊性骨炎，以颅骨、指骨、颌骨多见。颅骨板增厚，内、外板的影像不清，甚至不能辨别。于颅骨板障间可见到散在的囊状低密度区。由于普遍的骨质疏松脱钙，X线片也难以获得良好的黑白对比度，有时不能清楚地显示蝶鞍和骨的其他结构像。应仔细观片。

颌骨亦有不同程度的改变，多表现为普遍性骨质疏松脱钙密度减低，骨皮质变薄，囊样骨吸收，上、下颌牙槽骨稀疏密度减低，多数或全部牙槽窝骨硬板吸收，有的牙根显尖细。以根尖片显示最好。同时可见颌骨轻到中度膨大，牙移位或有缺失，但牙无脱钙。发生于上颌者，除具有上述这些骨的改变外，常有上颌窦外侧壁骨溶解破损，有软组织肿块影，甚至似颌骨膨大变形，颌窦的边界模糊，易误诊为恶性肿瘤，尤其有的病例，全身症状不显，首先出现在颌骨病变者。过去在颌骨的这种表现又将其称为棕色瘤。总之，指骨骨膜下皮质吸收、颅骨斑点状脱钙，纤维性囊样变和牙槽骨广泛稀疏脱钙，硬板消失在诊断本病时有特殊意义。配合血液检查血清钙和碱性磷酸酶增高，故其诊断不难（图 17-2-143 (1) ~ (9)）。

三、骨纤维异常增殖症

骨纤维异常增殖症又称骨纤维结构不良。首先由 Lichtensteim 于 1938 年报告。本病是一种骨髓腔被异常增殖的纤维组织取代，增殖的纤维有新骨形成的倾向，但形成的骨小梁为砂砾样不成熟的结构，部分病变中有较多钙化团块，有时可见充满咖啡色液体的囊腔。但大多数X线片所见的“囊腔”实际是骨松质被纤维性间质所替代。

骨纤维异常增殖症有单发和多发，常是多骨受累。根据华西医科大学口腔医学院 1957-1990 年间经病理、临床、X线三结合确诊的 117 例中，单发性 87.2%，多发性 12.8%（单发性是指只有一个病损区，但其中包括有邻近多骨受累者；多发性是



(1)



(2)



(3)



(4)



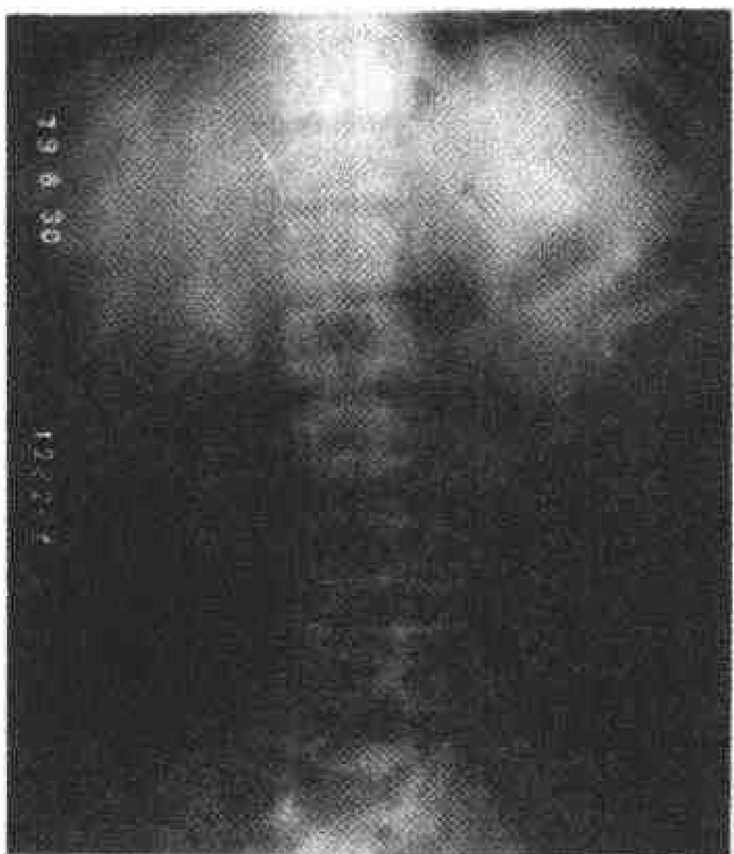
(5)



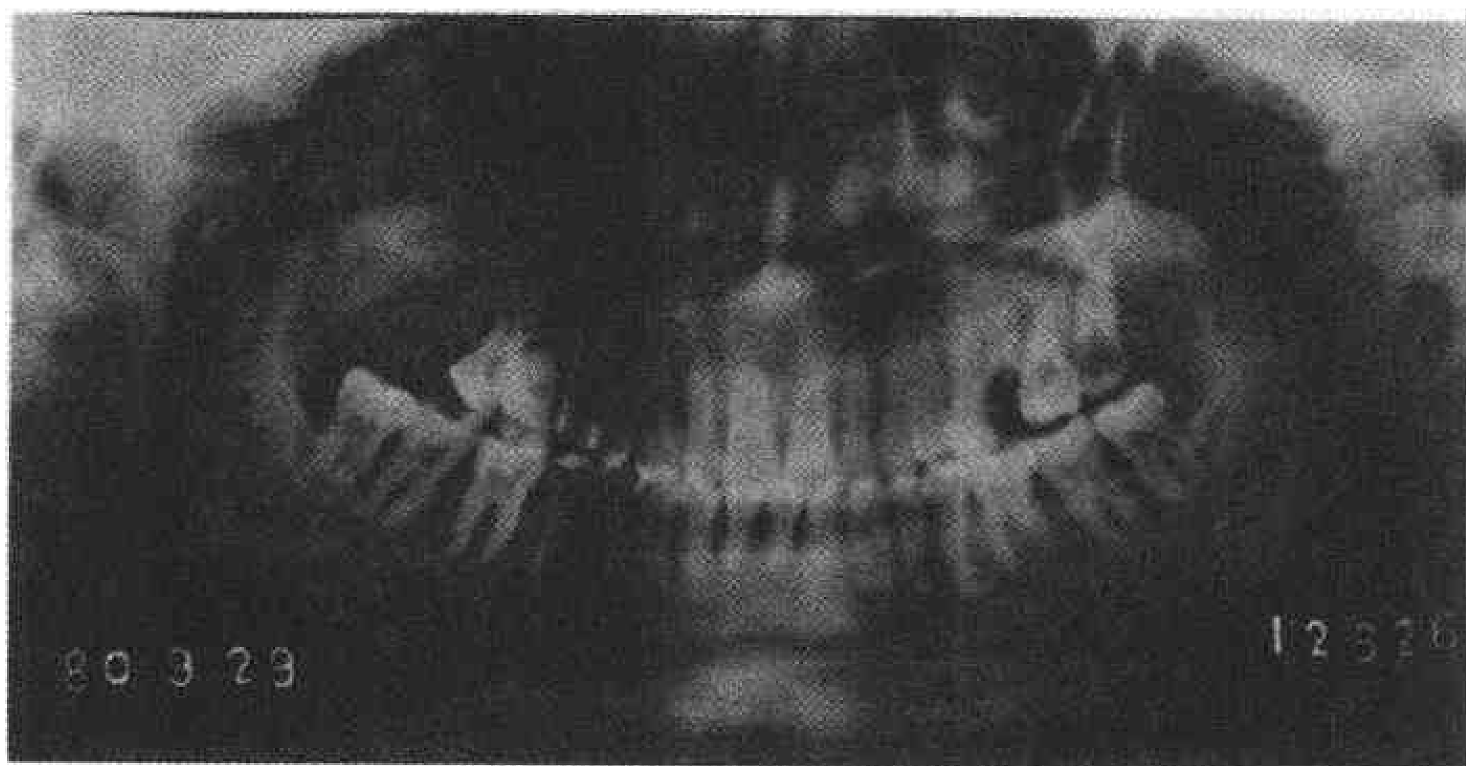
(6)



(7)



(8)



(9)

图 17-2-143　甲状旁腺功能亢进

(1)华特位　男性,31岁,左上颌骨包块疼痛及右肩痛抬肩困难半年,经X线摄片显示右上颌骨破坏并累及颧骨同时发现其他骨质皆有脱钙;(2)与上图为同一患者,整个下颌骨骨质脱钙稀疏,有的区域呈囊样改变,下颌骨的密质骨消失,左上颌骨破坏范围加大;(3)右下颌斜侧位　显示下颌骨脱钙疏松更清楚,右髁突似囊性变;(4)颅骨侧位　与前图为同一患者,颅骨骨内外板皆变薄;(5)盆骨正位　显示髂骨、坐骨、耻骨及股骨上部骨质脱钙稀疏呈纤网状;(6)与前图为同一患者,多数指尖骨脱钙,部分掌骨骨皮质变薄,或呈凹陷状吸收;(7)与前图为同一患者的胸部片,右肺有多数钙化灶;(8)腹部片右上腹肝下缘区钙化影,手术证实为胆囊结石;(9)与(1)~(8)图为同一患者　经内科治疗一个多月后，骨质脱钙情况有好转

指有多处多个病损区)，按多骨受累者则在90%以上；发病年龄3～39岁，83.8%的病例在20岁以前出现症状，多发者，可发生于上、下颌骨，累及颧骨和鼻骨，同时还有筛骨、蝶骨、额骨、泪骨、颞骨等多个病灶区。上颌骨稍多于下颌。

【X线表现】 颌面骨FD的X线表现多种多样，无论何型，其X线表现也不尽相同。但单发性和多发性的表现相似。

生长方式：所有病变皆成骨外形一致的延伸性的扩张生长，保持与颌面骨外形相似的膨大。可见上颌骨整体膨大外形仍存在，外侧壁即相当于颧牙槽嵴处的弧形凹陷仍然清晰可辨，上颌窦昏暗而模糊不清。少数上颌窦腔受压变小移位。外上壁皆累及颧骨使颧骨膨胀，眶下缘上移变平直或丰满。发生于下颌骨者，病变沿下颌骨长轴方向发展，多为轻到中度膨胀，病变主要首先发生于下颌骨中下部，故推移下颌神经管向上移位，一般牙槽骨受累较轻，多为弥散性、延伸性的扩展，少数累及全下

颌骨。

病变的分型：病变区正常骨结构消失，代之以高低密度不均，或有不同程度钙化多种表现，将其归纳为4种类型：

(1) 毛玻璃型：最多见占52.0%，尤以上颌骨为多，上颌窦腔昏暗，边界不清与窦腔各骨壁融为同一密度，呈均匀一致的中等密度，似磨砂玻璃状(图17-2-144(1)～(4))。

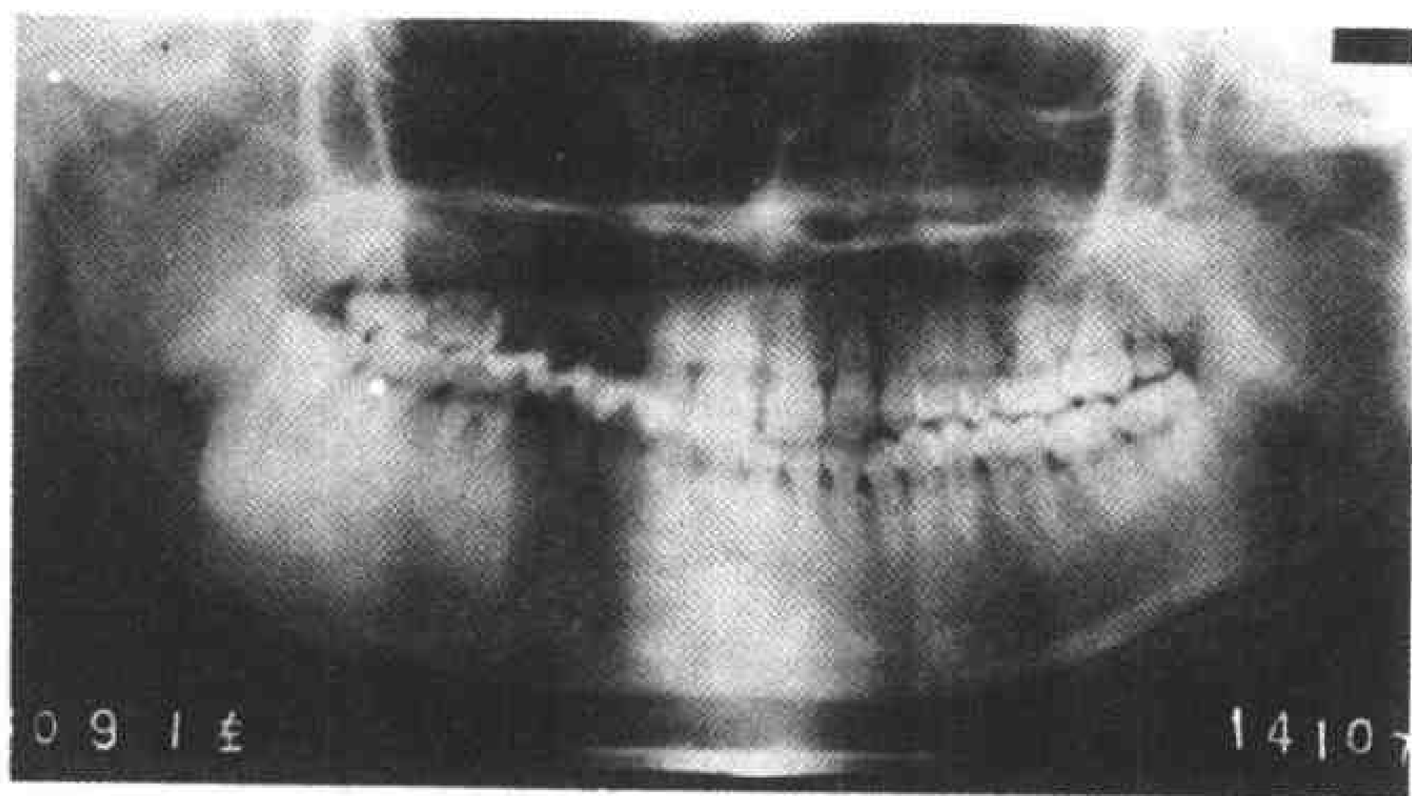
(2) 硬化型：少见占8.0%，钙化程度较高，可不均匀，有较致密的絮团状影（图17-2-145）。

(3) 囊样型：少见占8.0%，单囊型多见于下颌，多囊样多见于上颌。显示为不规则的似囊腔状透射区，囊内可见少数钙化不等的点片状致密影(图17-2-146)。

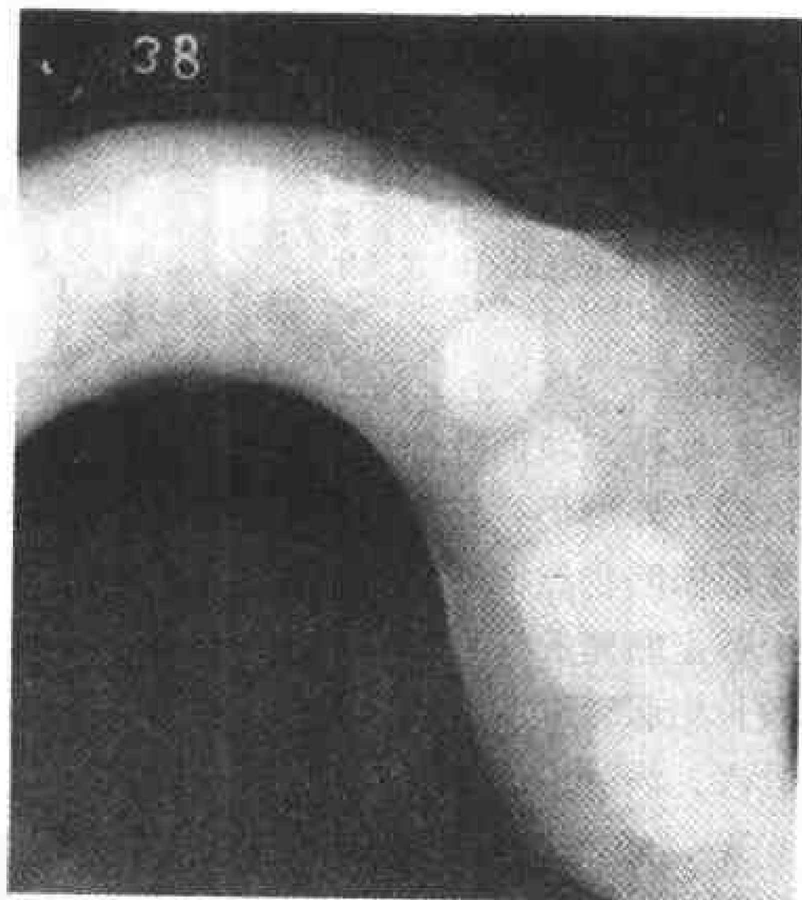
(4) 混合型：较多见，占32.0%，下颌稍多于上颌。大多数表现为大小不等的致密片团影和不规则透射影相互间杂；少数呈毛玻璃样与囊腔状同时存在（图17-2-147)。

病变的边界：颌骨呈渐进性膨大，病损向正常骨逐渐扩展，无包膜，故与正常骨分界清楚，边界不明。

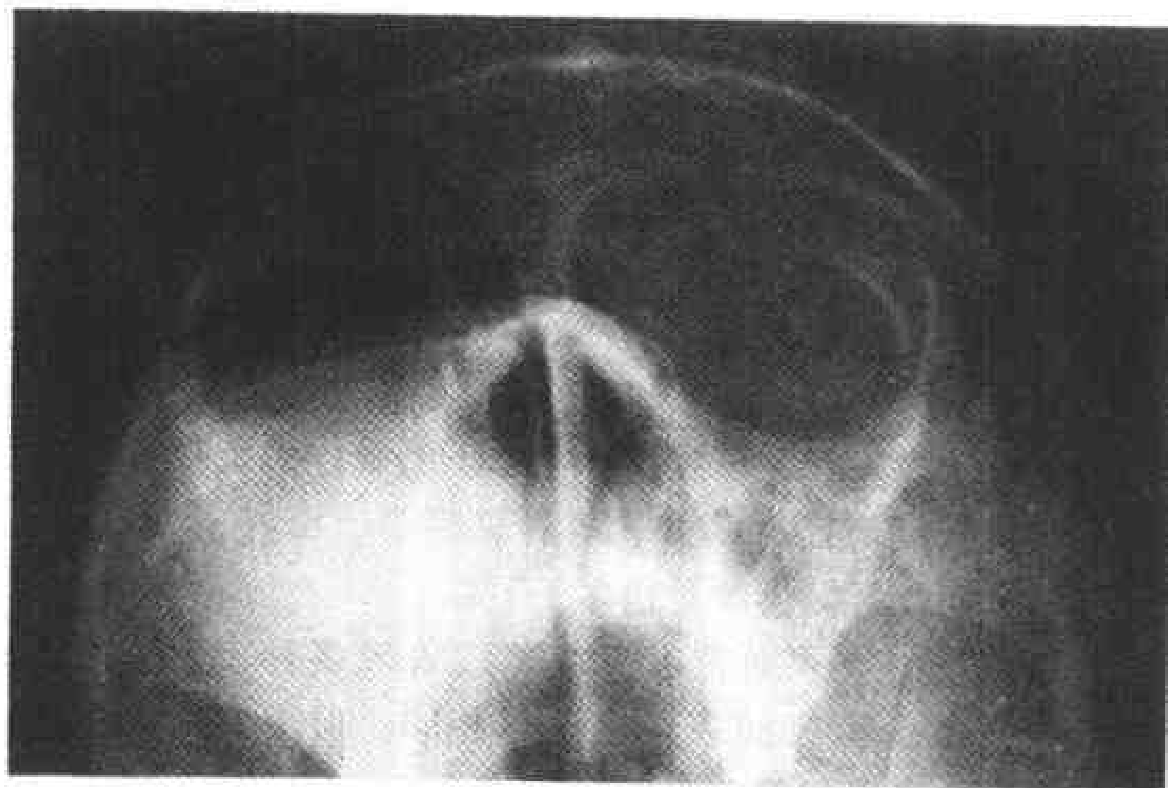
密质骨改变：下颌骨皆有密质骨变薄，但连续完整无中断，如累及牙槽骨者，亦有细薄之骨壁线。上颌骨变薄常表现出窦腔外侧骨壁不清或缺



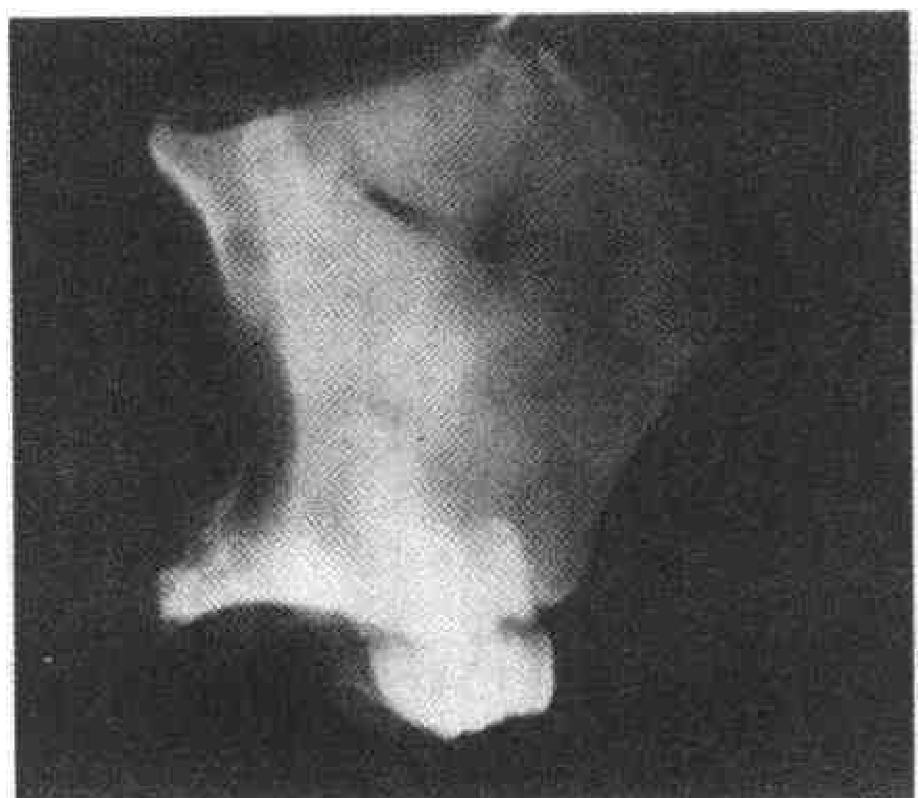
(1)



(2)



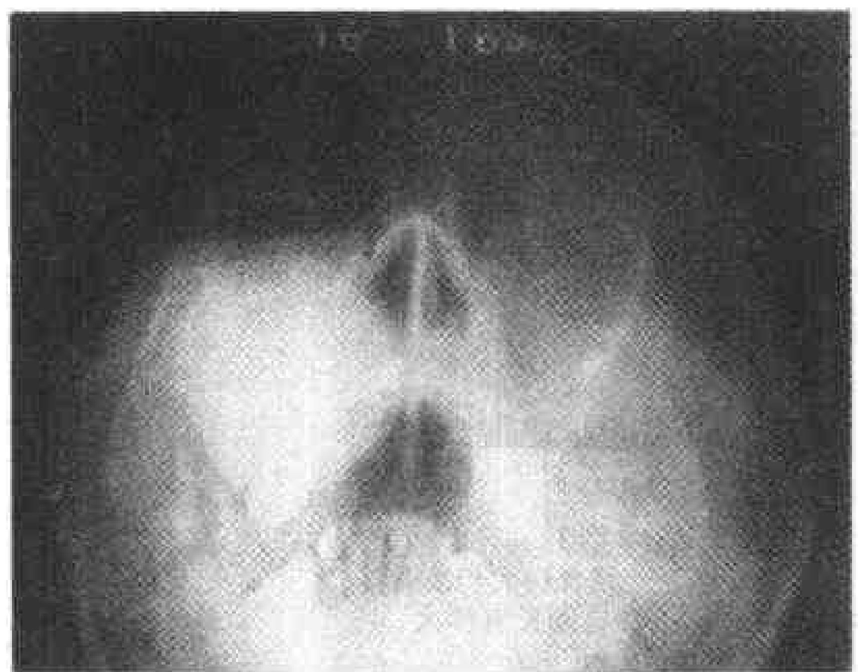
(3)



(4)

图 17-2-144　毛玻璃型骨纤维异常增殖症

(1)曲面体层片　整个左下颌骨体轻度膨大,皮质骨消失,骨纹不清呈毛玻璃状,病变边缘与正常骨分界不清;(2)下颌横断　合片　显示下颌骨向颊、舌侧膨出,皮质骨及骨纹消失呈毛玻璃状;(3)华特位片　左上颌骨及颧骨膨大,上颌窦腔消失呈毛玻璃状;(4)术后摄片　亦显示毛玻璃状



(1)



(2)



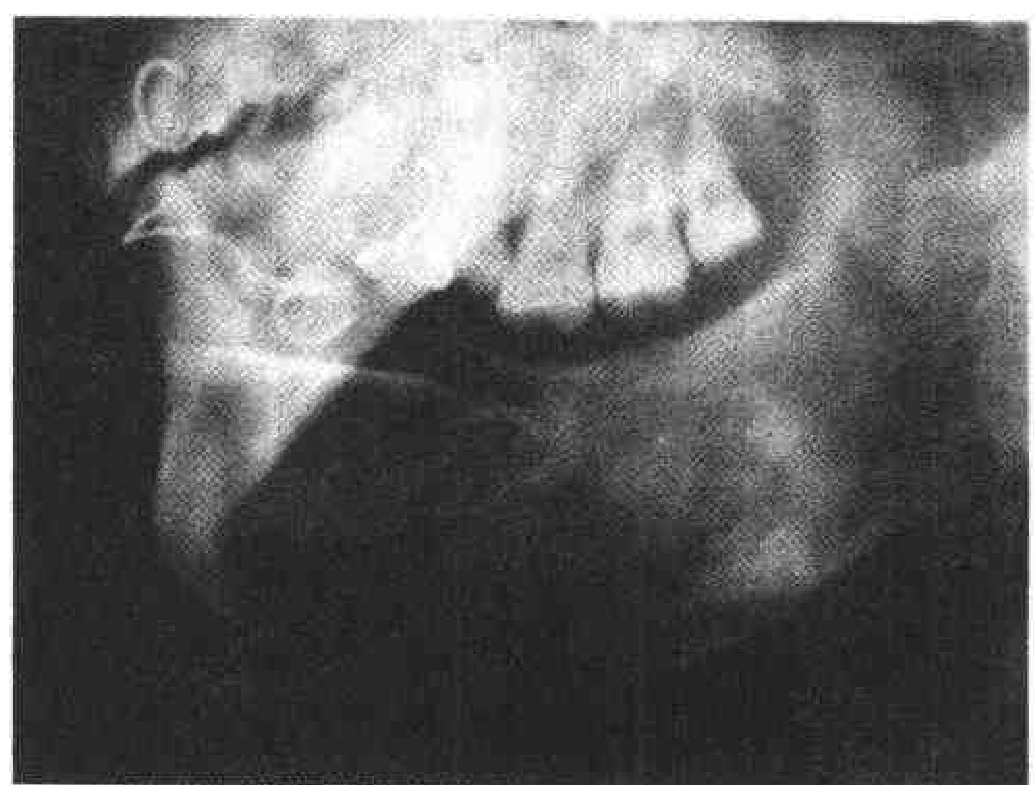
(3)

图 17-2-145　硬化型骨纤维异常增殖症

(1) 华特位　左上颌骨及颧骨膨大，上颌窦腔消失变密实；(2) 侧位片　与 (1) 图为同一患者，显示部分钙化较高而特别致密；(3) 左下颌骨型骨纤维异常增殖症



(1)



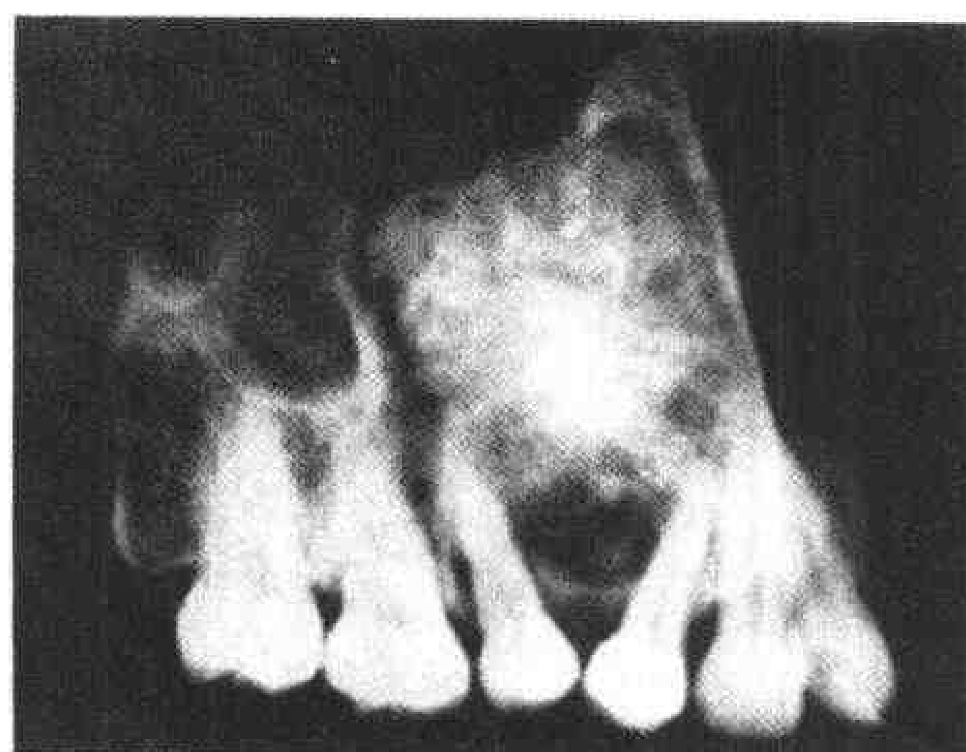
(2)

图 17-2-146 骨纤维异常增殖症（囊样型）

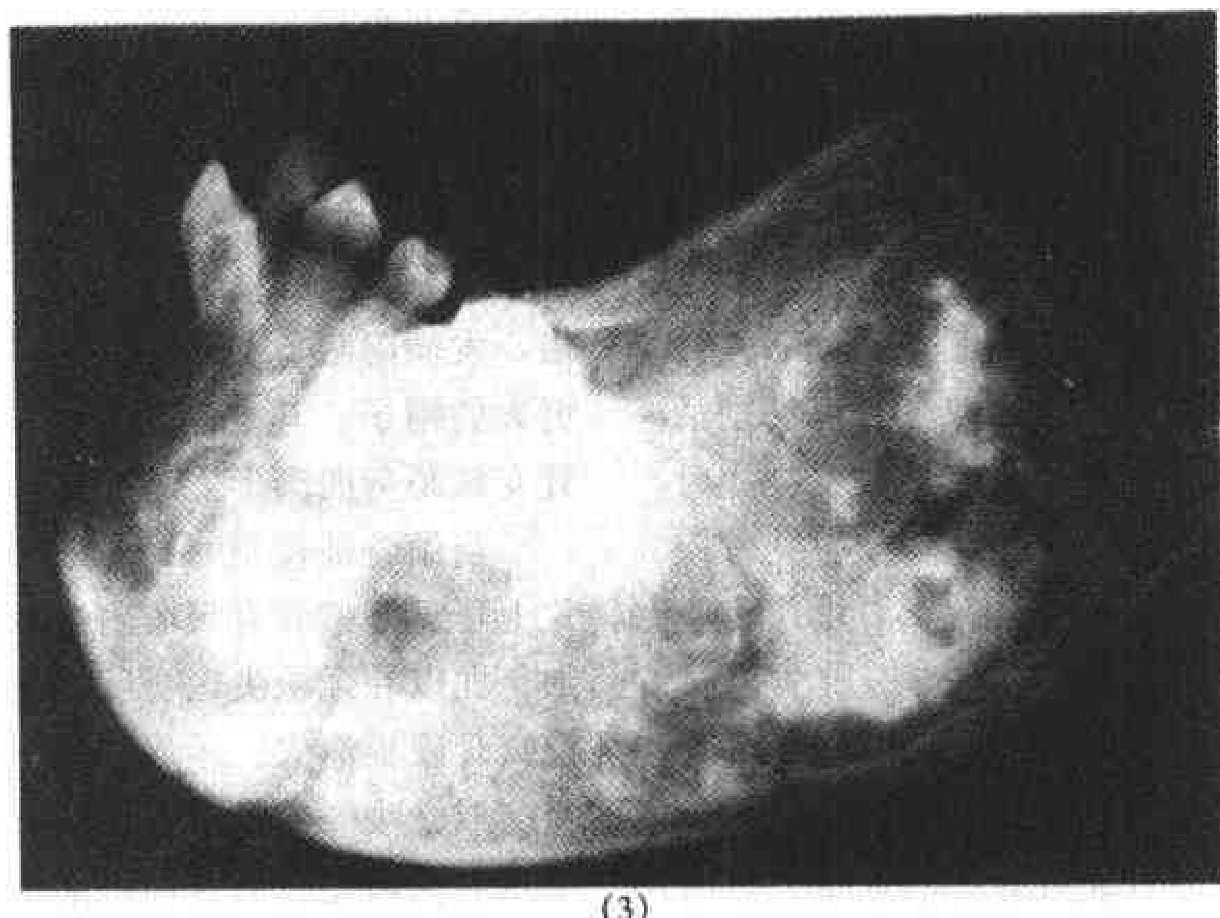
(1) 华特位 左上颌骨呈多囊型骨纤维异常增殖症，上颌骨膨大但颌骨形状仍存在；(2) 下颌斜侧位 右下颌骨呈多囊性改变，颌骨有膨大，与正常骨分界不清



(1)



(2)



(3)

图 17-2-147　混合型骨纤维异常增殖症

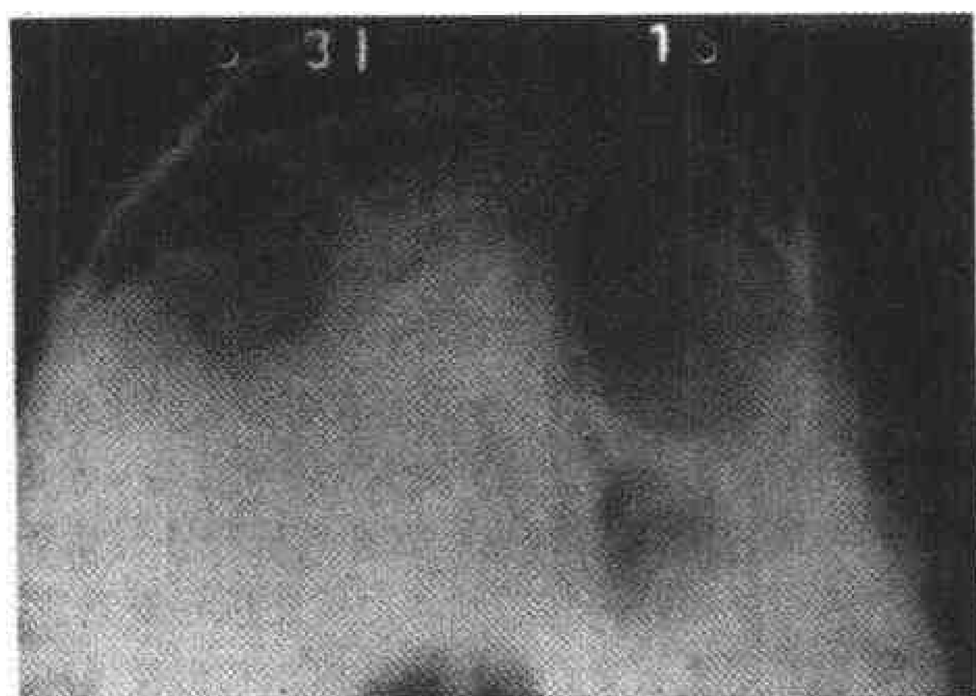
(1) 华特位　右上颌骨外侧部分呈毛玻璃型改变，内侧部分呈囊样改变；(2) 术后摄片　前部呈硬化型改变，后部呈囊样改变；(3) 术后摄片　下颌骨均匀膨大，皮质骨变薄，有致密钙化团影和毛玻璃状改变

失；牙槽骨受累较轻，硬板可消失，但牙槽间隔无破坏，牙周膜间隙可见。其中有 31.2% 的病例有轻度牙移位，牙周间隙增宽，未见有牙根吸收。个别有牙缺失。多数下颌神经管可见，无扩大，管壁清晰，但皆有不同程度的向上部移位，说明病变首先从下颌骨体的下部骨松质发生。少数病例下颌神经管不清。

病程与病变发展的关系：从少数病例观察长达12年，发现病变形态及密度与初诊时比较，均无显著变化，仅病灶范围略有扩大。故 FD 的 X 线分型表现与发病年龄、病变大小、病程长短均无关，不因病程增长、年龄增大而有特别的变化。

【鉴别诊断】 FD 与骨化性纤维瘤（OF）难以鉴别。FD 无包膜边界不清；病变随颌骨外形一致的延伸性生长扩大，不完全失去颌骨的轮廓；密质骨变薄但少有缺损；牙槽骨受累较轻，牙间隔无破坏，骨硬板消失，但牙周间隙可见，牙移位和牙根吸收少见。而 OF 有包膜，病变边界清楚，为局部膨胀性生长，形成圆形或类圆形包块，致颌骨畸形，常累及牙和牙槽骨，和造成密质骨膨胀变薄但有缺损破坏。除此，还可结合临床等检查以资鉴别。

多发性病变女性多见，伴有皮肤色素沉着及性早熟者称为 Albright 综合征（图 17-2-148（1）(2)）。



(1)



(2)

图 17-2-148　骨纤维异常增殖症（多发性）

(1)华特位片　上颌骨、颞骨、额骨、鼻骨、筛骨等多骨受累，呈毛玻璃状；(2)侧位片　与(1)图为同一患者，颅底、蝶鞍均有受累

四、畸形性骨炎

畸形性骨炎 1876 年首先由 Paget 报道故又称"佩吉特"病。病因不明。其本质不是炎症，也不属肿瘤，可能是一种矿物质的代谢障碍性疾患。系一慢性进行性骨病。主要多发于 40 岁以后的男性患者。本病国内少见。其基本病理改变是有特别活跃的骨吸收和骨质增生，骨的正常结构改变。病骨首先出现骨质稀疏，并逐渐为纤维组织及分化较差的骨组织所代替，且很快发生骨硬化，骨增厚变粗糙，表面不平及弯曲畸形，密质骨被松质骨所替代。骨膜下新骨形成非常明显，呈层状增厚可达 6cm 或更厚，边缘呈波浪状，骨髓腔变窄，增生骨亦为钙化不足。发生于颌骨除有骨质的改变，并有牙根尖周牙骨质增生过长为其特征。

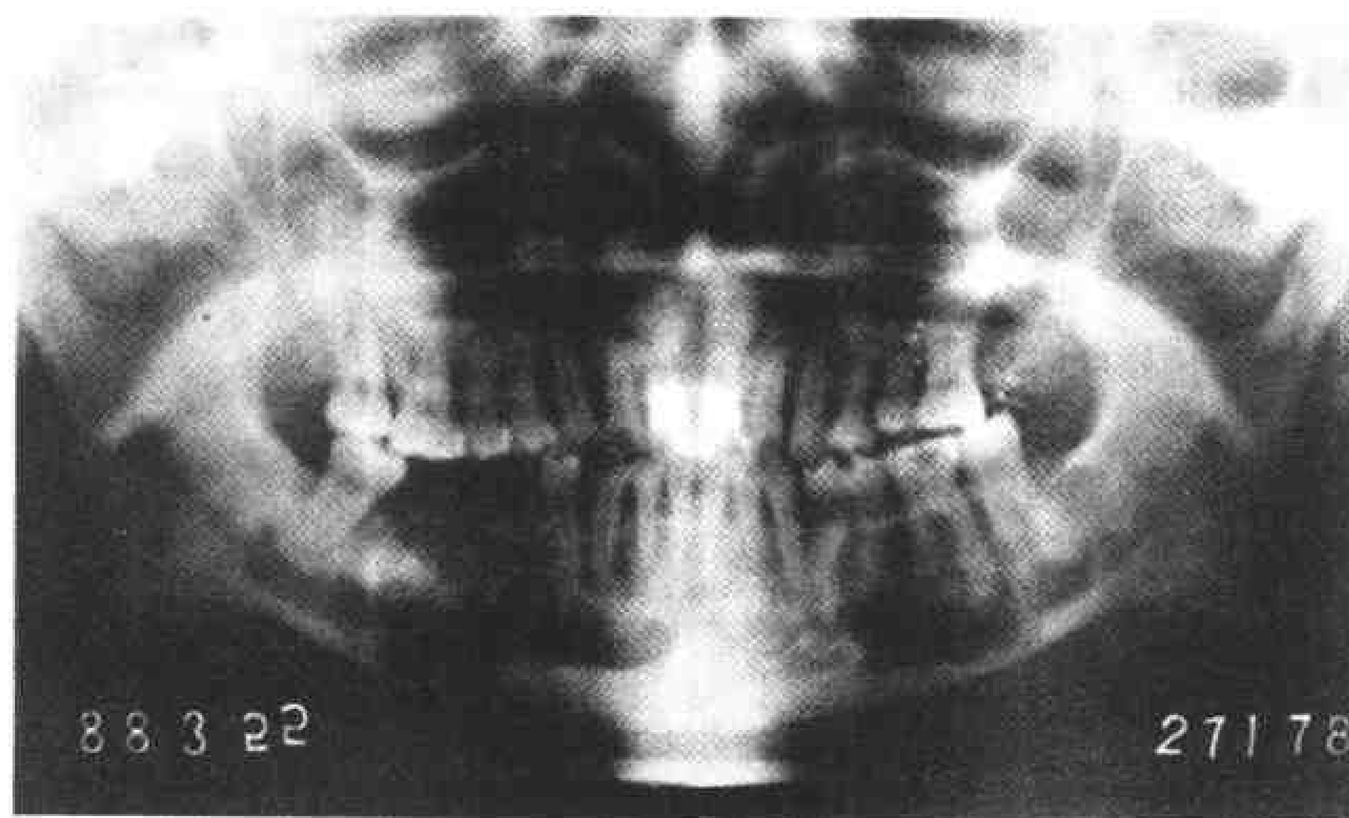
【X 线表现】 可以单骨和多骨受累，以多骨性的多见。好发部位依次为骨盆、股骨、头颅、胫骨、脊椎、肱骨及颌骨等。凡有颅骨病变常有颌骨病损。在 X 线上可分为海绵型、硬化型、稀疏型，常为 2、3 个型混合，以海绵型为常见。早期骨小梁减少，剩下的骨小梁变粗大，且骨小梁排列紊乱成不规则的网格状，骨皮质向内向外都增厚但表面不光滑，并表现出骨的横径增粗。晚期骨形成为主，不同的骨或同一骨的不同部位，也表现出骨吸收和骨的形成交叉进行。早期颅骨的变化为一个区域内出现斑片状骨质疏松，颅骨外板往往轮廓不清，板障明显加厚，其后颅骨内、外板界限不清，外板表现出羊毛状骨针，板障呈棉团状密度增加。当颅骨外板还有疏松化时，内板即已显出硬化像，此为畸形性骨炎的最重要特征。有的可有颅底变薄向颅内凹陷，垂体凹小且不规则。随着病情进展，外板逐渐加厚，最后内、外板间的界限消失。晚期颅缝可完全消失，颅骨之厚度可增至正常者的数倍。发病隐蔽，往往是头颅不断增大，每年要更换更大的帽子，其他受累骨也表现为骨体增大，同时骨变软易弯曲畸形。

当颌骨被侵犯时，骨质增厚凸起。早期从根尖片上可见牙槽骨有吸收密度减低，骨小梁稀少而变细，尤以在牙根尖区更明显甚至呈似囊样改变，牙槽窝骨硬板消失，牙周间隙不清，因而牙好似浮在稀疏或已吸收的骨中，牙根有不同程度吸收。继之出现骨质硬化，新骨堆积形成如棉团状，偶亦可见呈磨砂玻璃状。根尖周可有增粗，此为分化不良的增生的牙骨质(图 17-2-149(1)～(4))。

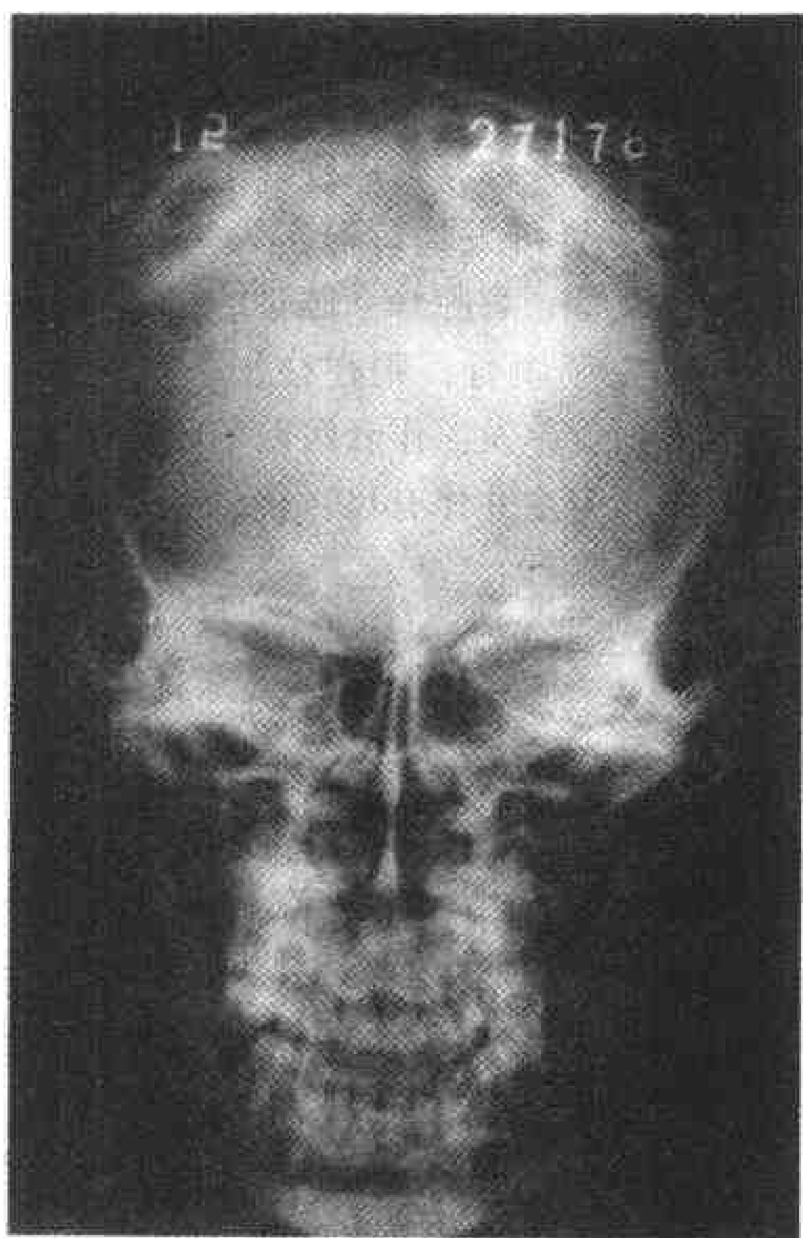
【鉴别诊断】 应与骨纤维异常增殖症区别，骨纤维异常增殖症亦很少在 30 岁以后发病，多限于一侧颌骨，无不光滑的骨皮质增厚，骨体不增大，牙根少有吸收，而畸形性骨炎牙根吸收继之有牙骨质过长的特征。此外还应与甲状旁腺功能亢进等鉴别。

五、骨质疏松症

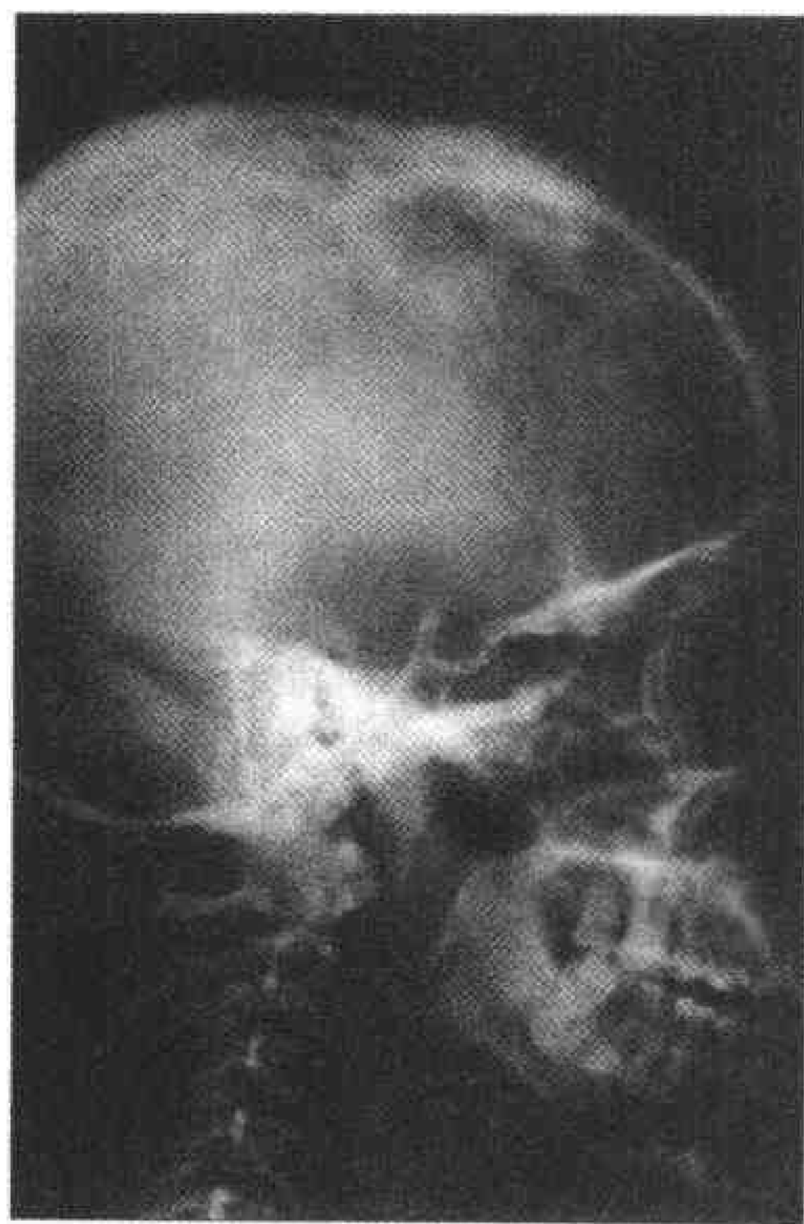
骨质疏松症（osteoporosis）是最常见的代谢性骨病，以广泛性骨减少为特征，骨减少中有机质和矿物质比例减少；一般分为特发性和继发性两大类，实际上骨质疏松的分类很不统一。特发性骨质



(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-2-149　畸形性骨炎

(1) 曲面体层片　下颌骨多数牙根尖有发育不良的牙骨质增生，其周围有纤维囊性变。左上颌牙根尖周亦有牙骨质增生；(2) 颅骨正位片　颅顶骨有似棉团状骨质增生；(3) 颅骨侧位片颅顶部骨质增生如絮状，板障消失与图 (1) (2) 为同一患者；(4) 颅骨侧位片　颅骨板障消失，颅骨、颅底骨增厚如棉絮状，颅底凹陷，蝶鞍后床突增厚，蝶鞍变小。属重型畸形性骨炎

疏松常见于老年人，这在我国尤为突出，当然也可发生于儿童和青少年。在女性又名更年期骨质疏松症。随着年龄的增多骨质发生老化，大约在 40 岁以后，骨质密度开始降低，每年约降低 0.5%，这时不引起症状。如患病，骨钙丢失每天可达 50～100mg，患骨质疏松症者，55 岁以上的老人发病率可达 15%～50%，女性患病率 4 倍于男性。继发性骨质疏松可由于①废用性脱钙骨质疏松；②肾上

腺皮质过多；③甲状腺功能亢进；④糖尿病；⑤维生素C缺乏；⑥酒精中毒；⑦肢端肥大症；⑧肝疾病；⑨营养不良性骨质疏松；⑩钙的缺少。

骨质疏松的病理本质是骨质总量的均匀减少，但骨内有机物和无机物的比例正常，血钙磷正常。骨质疏松可以是全身性和局部性。全身性骨质疏松多发生于躯干骨，故常有腰腿痛及颈椎痛等疾病。

【X线表现】 应从骨密度改变、骨皮质改变和骨纹改变三个方面去认识。认识骨密度降低是把骨髓腔的密度同骨附近的软组织相比，其密度差较正常降低，轻者不易发现，重的和软组织密度相近；骨皮质改变表现为变薄，严重者可以薄如一线条状；骨纹则表现为骨纹变细，数量减少变稀疏，骨纹间隙增宽，严重者可部分骨纹消失，但剩下的少数骨纹清楚，这点可以和软骨症鉴别。脊柱的骨质疏松除上述表现外，还可表现出椎体高度变低，椎体上下缘平行变窄变扁呈双凹畸形。另一种表现部分骨纹消失，剩下的骨纹增粗，认为系少数骨纹代偿增粗以支持重力，此型以甲状旁腺功能亢进和畸形骨炎较常见。

颌骨骨质稀疏除有上述同样表现外，下颌骨骨纹稀少还可见到一些小的网洞状的骨稀疏区，骨皮质变薄亦很明显（图 17-2-150）。

六、特发性骨溶解

特发性骨溶解（idiopathic osteolysis）又叫大块骨溶解（massive osteolysis）、幻影骨（phatom of bone）、消失骨、Gorham 综合征。是一种原因不明的、自发性进行性的骨受累逐渐吸收溶解为特征的慢性疾病，也有人称其为进行性下颌骨萎缩。很少见，40 岁以下皆可发病，但多发生于儿童和青少年。好发于锁骨、肩胛骨、肱骨、指及趾骨。颌骨罕见，如发生于颌骨，则往往上、下颌骨同时受累，亦可下颌骨单发。作者医院曾收治 2 例皆以下颌骨溶解破坏为主并伴有尺、桡骨和双手指及趾骨的溶解破坏。

起病隐性或突然，临床上呈慢性进行性骨溶解，可长达数年。局部无痛、无热、常并发病理性骨折，也常合并感染。广泛骨组织溶解消失后，由富含血管的纤维结缔组织代替。疾病发展到一定阶段可趋稳定，骨质不再溶解吸收，但也无骨组织再生，随着病变发展多有畸形和功能障碍。有 1 例病例因半侧面部肌肉萎缩来院求治。

【X线表现】 颌骨骨质疏松，病变骨可部分或全部呈溶骨性破坏，甚至大部分下颌骨缺失，尤其是牙槽骨溶解更重，故常有牙移位和多数牙缺失，病变区无骨质增生，亦无骨膜反应，无软组织肿块。发生于上颌者可累及上颌窦底。发生于双手足的指及趾骨，多表现为双手足的指及趾节骨远端全部吸收，骨溶解处的骨端呈尖削状，无骨膜增生（图 17-2-151(1)(2)）。

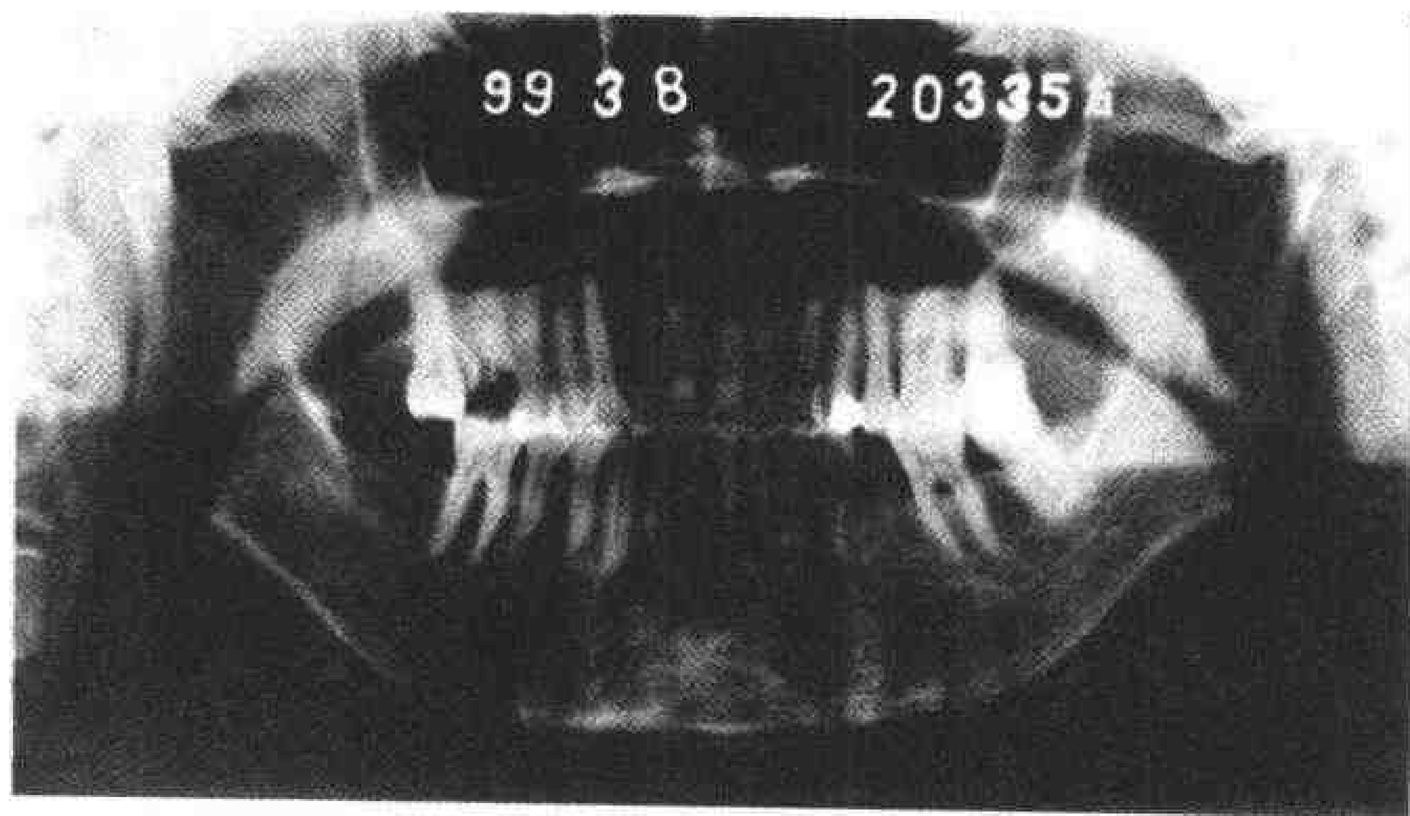
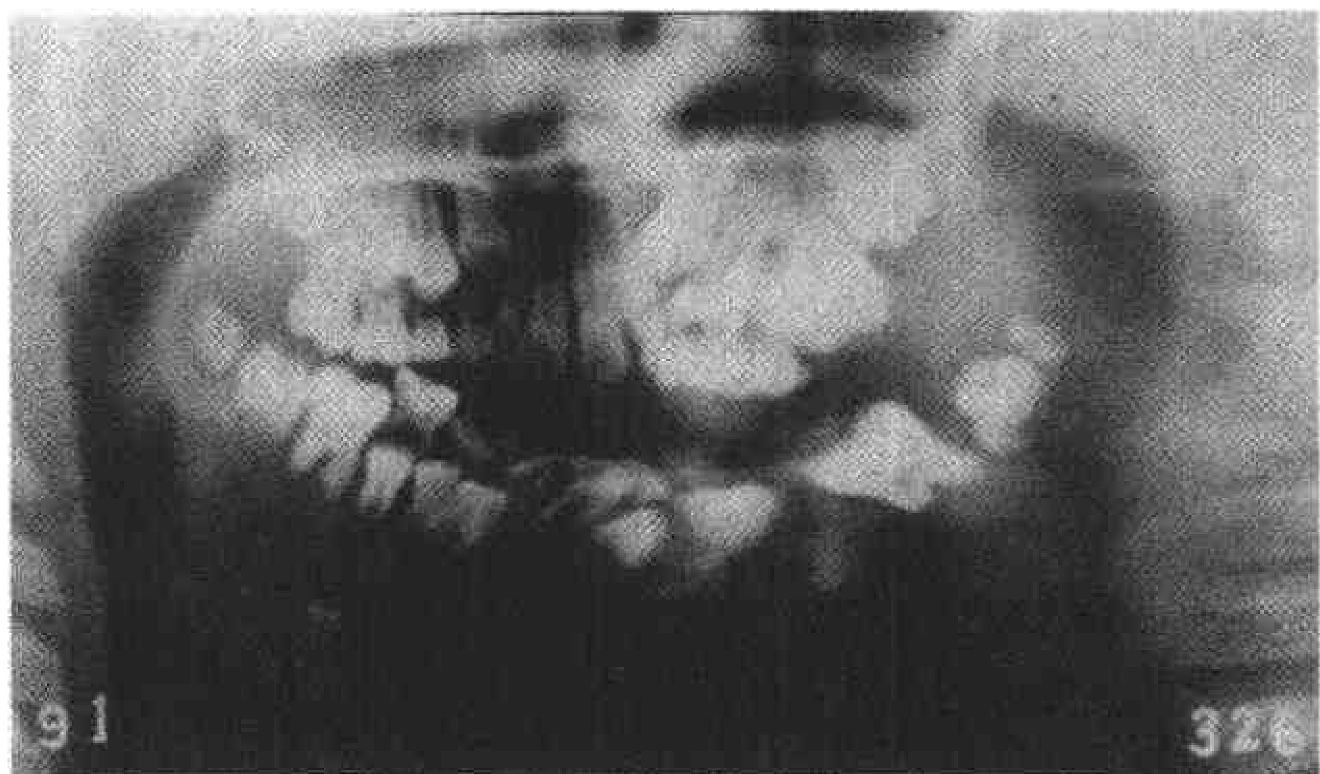


图 17-2-150 骨质疏松症
全颌骨骨纹稀疏，密质骨变细薄，多数牙根周硬板消失



(1)



(2)

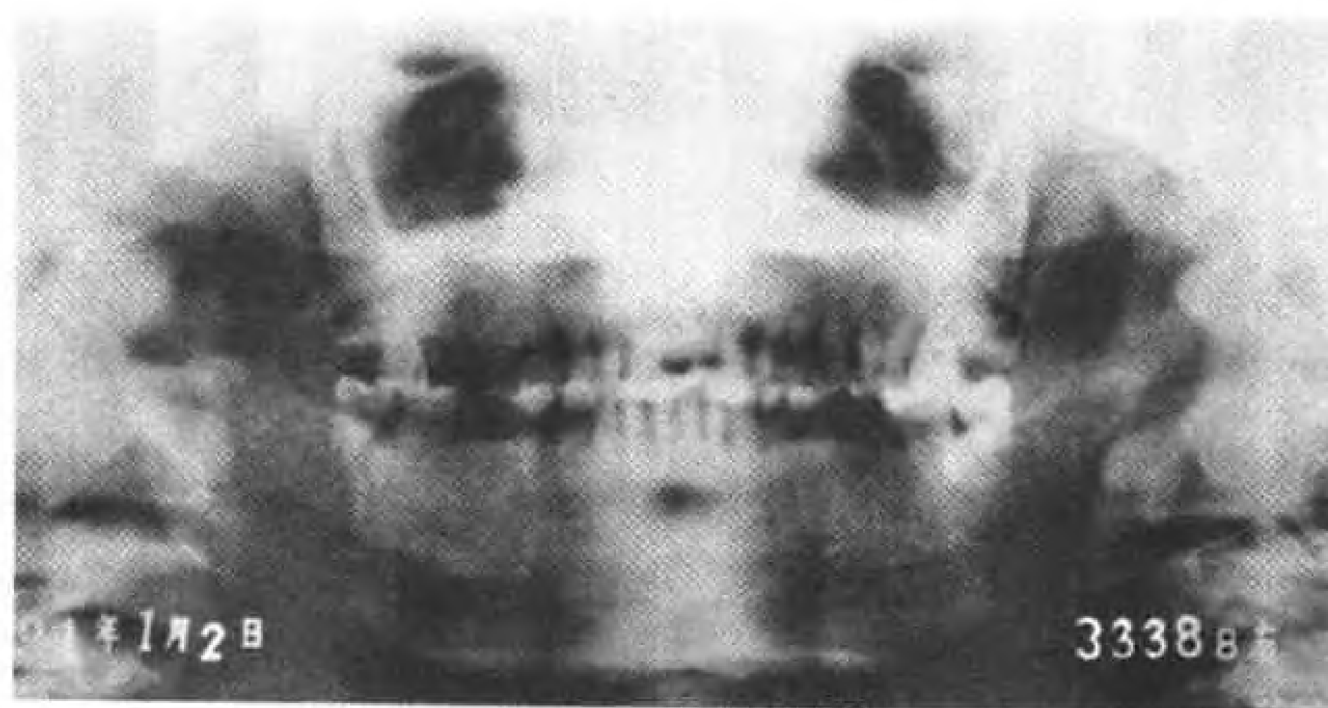
图 17-2-151　特发性骨溶解

(1)曲面体层片　患者男性,上下颌牙松动4个月,下颌骨溶解殆尽,只剩下左侧髁突。右上颌骨及结节区骨质亦有溶解。牙均飘浮于软组织内且明显移位,排列紊乱,以右侧为重;(2)曲面体层片　男性,53岁,下颌骨颏部进行性萎缩1^+年左下颌骨及右下颌支大部分溶解,上颌牙槽骨全部溶解。骨溶解后被纤维组织代替,将该纤维组织作病理检查,镜下见纤维组织和少量退变的骨软骨组织

七、石 骨 症

本病又名大理石骨病（marble bones)。泛发性脆性骨硬化症、硬化性骨增生性骨病或粉笔样骨，是一种少见的骨病。病因不明，可能与家族因素有关。病变主要在骨骼系统，全身骨骼呈弥漫性骨性硬化，骨质脆弱且硬，其病理改变主要是由于破骨细胞功能缺陷，骨质不能按正常代谢进行成骨与破骨，骨质不断形成，而骨的吸收降低，结果密质骨增生，松质骨致密，骨皮质呈发育不足和分化不全状态，骨层板结构不规则，骨内血管、脂肪及髓样物质减少，骨皮质和骨松质无明显界限。骨中有机物减少，胶原纤维失去正常排列，弹性较差，故脆性增加，常因轻伤而易发生骨折。由于骨髓腔闭塞，病人常有贫血，还可继发肝、脾和淋巴结肿大。颅底孔道因骨的增生而缩窄，则出现不同部位和不同程度的脑神经症状。可发生于任何年龄，按临床症状的轻重、发病的早迟和病变的广狭，可分为二型（亦有分三型者)：①幼儿进行型：病变较剧，进行较速，有高度贫血，精神障碍，常早期死亡。②成人型：病变较轻，进行甚慢，常因骨折后或体格检查时偶尔发现。

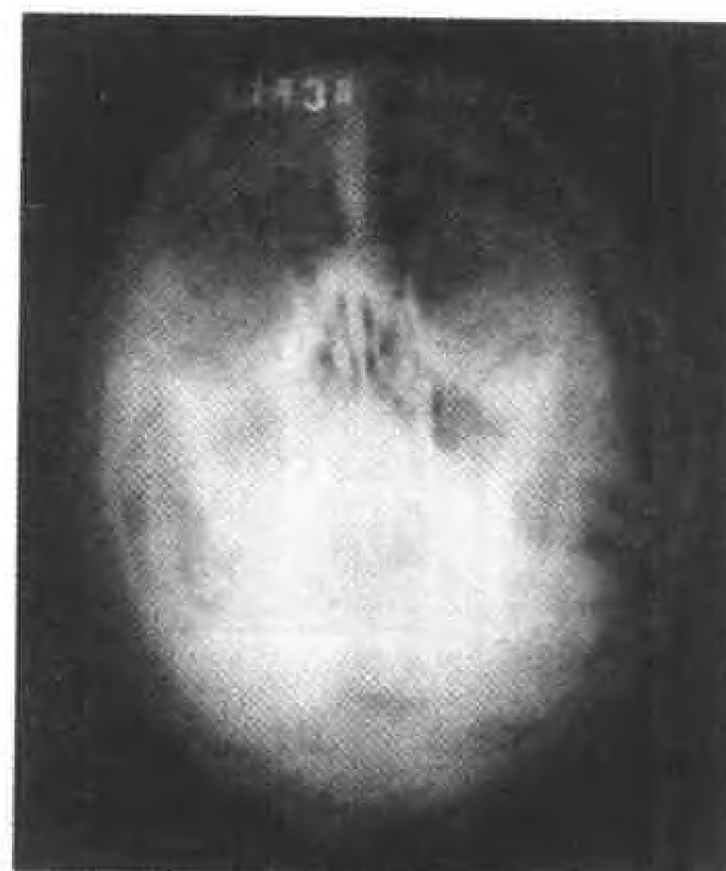
病变以头颅骨、脊柱、盆骨和长管骨为显著。发生于牙及颌骨者，因牙槽骨的弥漫硬化，颌骨可有增生畸形，拔牙或轻微的外力作用即可引起病理性骨折。可伴有牙发育不良，牙根不能发育完全，



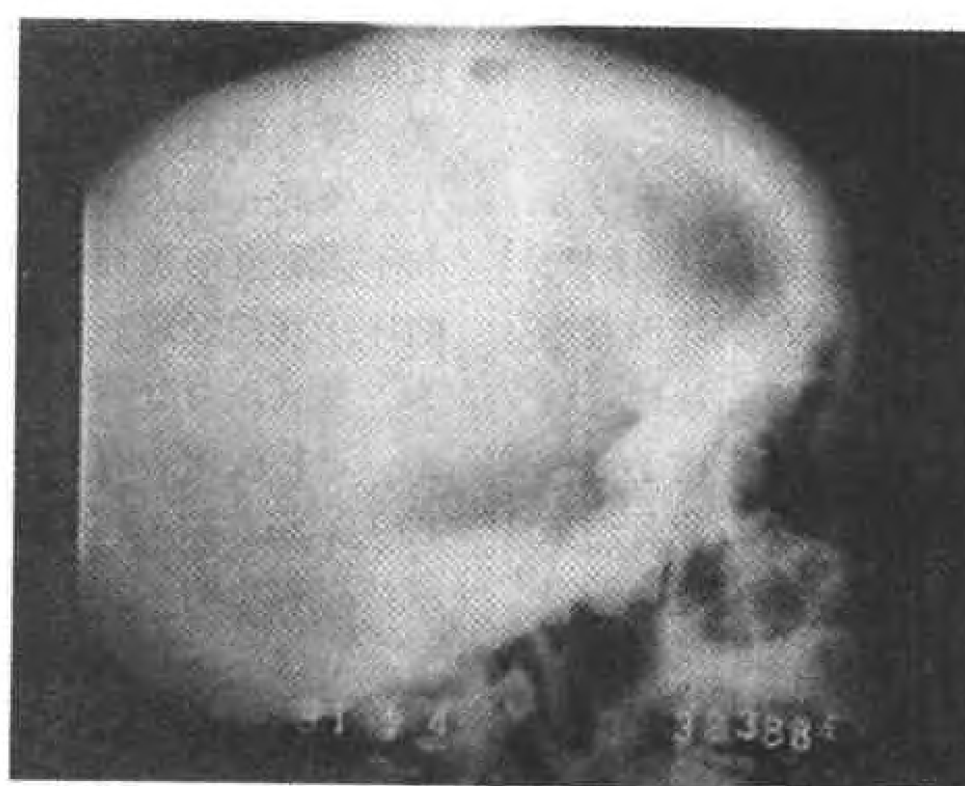
(1)



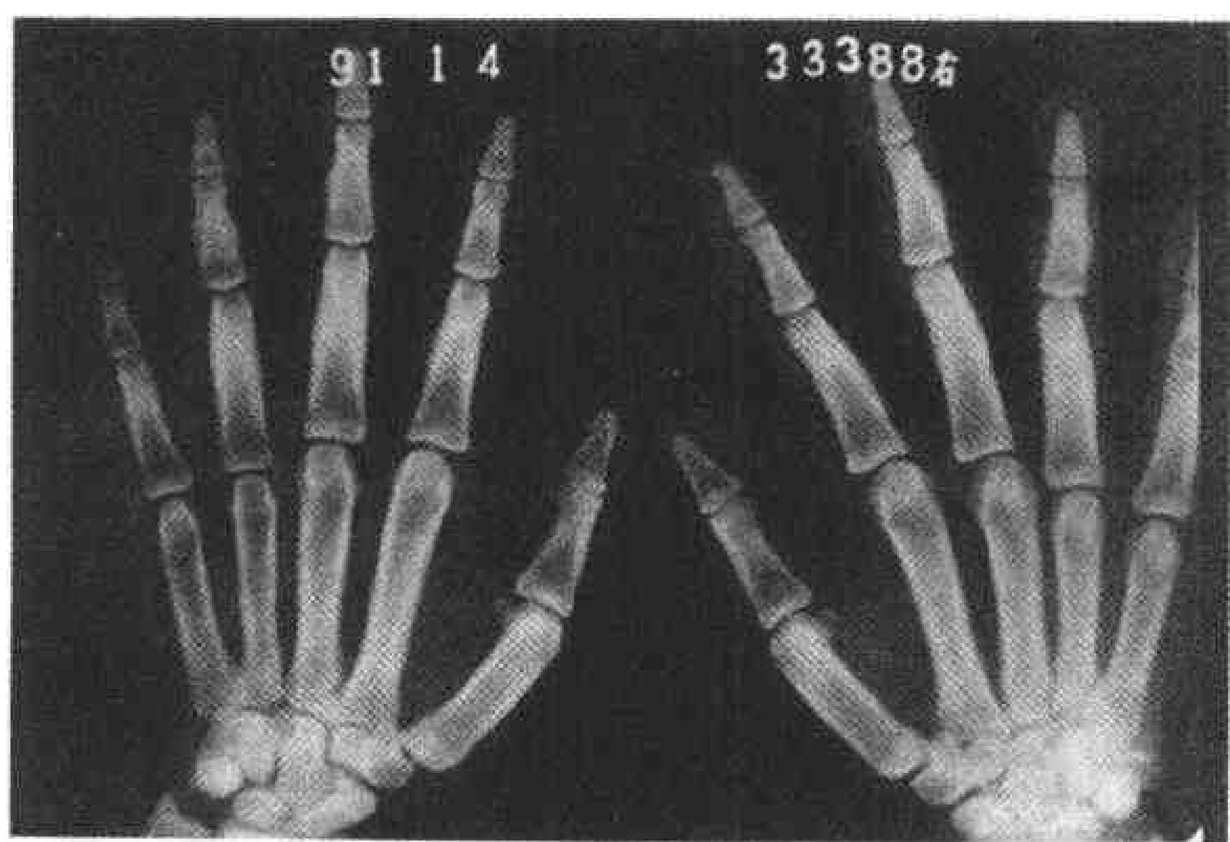
(2)



(3)



(4)



(5)

图 17-2-152 石骨症

(1) 曲面体层片 整个上下颌牙槽骨骨纹增粗密集紊乱，部分有融合；(2) 颏部殆片 下颌骨呈均匀的密度增高，密质骨和松质骨融合为一片；(3) 华特位 双上颌窦腔缩小，各骨壁显著增厚； (4) 颅骨侧位 颅骨、颅底骨质增厚且变致密；(5) 双手掌指骨骨皮质骨增厚变致密，骨髓腔缩窄部分消失；(1)…(5)为同一患者，女性 45 岁，上下颌骨多处长骨突 6 个多月，逐渐加重 1 个月

以致萌出迟缓、甚至不能萌出。好发龋病。易继发感染。

【X线表现】 受累的骨多数呈对称性。初期骨质的硬化主要在单个骨的边缘部分，如脊椎椎体的上下缘，盆骨髂嵴呈同心圆排列的致密条纹影，随着病变的发展骨质出现普遍性的硬化。颅骨板障消失，颅骨内外板均增厚变致密，颅底骨硬化表现为密度均匀增高，鼻旁窦腔缩小，蝶鞍缩小，蝶鞍的前、后床突呈密度增高的柱状改变。颞骨岩部硬化明显，乳头气窦不发育呈硬化状。颌骨表现为弥漫均匀硬化，骨皮质增厚，牙的骨硬板不清。轻者骨纹紊乱粗糙呈沙粒状，严重的普遍性硬化，呈均匀的象牙质样，看不见骨纹的结构(图 17-2-152(1)～(5))。

(雷苟灌)

第十节 颞下颌关节疾病

颞下颌关节疾病在临床上相当常见，主要包括颞下颌关节紊乱病、类风湿性关节炎、感染性关节炎、创伤性关节炎、关节强直、关节肿瘤及关节脱位等。其中颞下颌关节紊乱病为口腔临床最常见病之一，约占人口 1/5～1/4 的人群不同程度地罹患此病，为本章叙述重点之一。

一、颞下颌关节紊乱病

颞下颌关节紊乱病原称颞下颌关节紊乱综合征，分为咀嚼肌紊乱疾病、结构紊乱疾病、炎性疾病（滑膜炎及/或关节囊炎）和骨关节病四类。

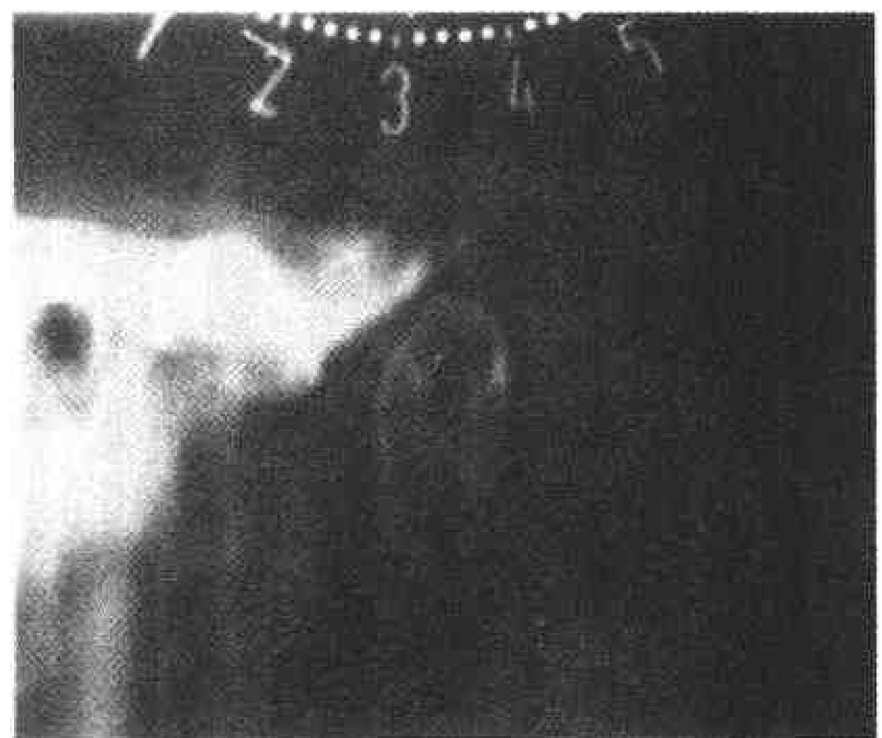
(一) 关节盘移位

关节盘移位为颞下颌关节紊乱病结构紊乱类疾病的主要病变，分为可复性盘前移位、不可复性盘前移位、盘内移位、外移位及旋转移位等。

1. 可复性盘前移位 在关节造影侧位体层闭口位片上，可见关节盘后带的后缘位于髁状突横嵴的前方；在髁状突向前运动碰到盘后带时，关节盘向后反跳，反跳后恢复正常的盘-髁状突关系；因而于关节造影侧位体层开口位片上表现为基本正常的盘-髁状突关系，前上隐窝造影剂几乎全部回到后上隐窝（图 17-2-153）。关节矢状面闭口位磁共振 T_1 加权像可见关节盘本体部呈低密度影像，位于髁状突横嵴前方，关节盘双板区越过髁顶部 12 点的位置，并可见双板区和后带之间的界限较正常图像模糊。开口位图像显示盘-髁状突位置恢复正常。关节盘一般无明显形态异常，呈双凹形。关节盘双板区与后带的分界较闭口位清晰（图 17-2-154）。



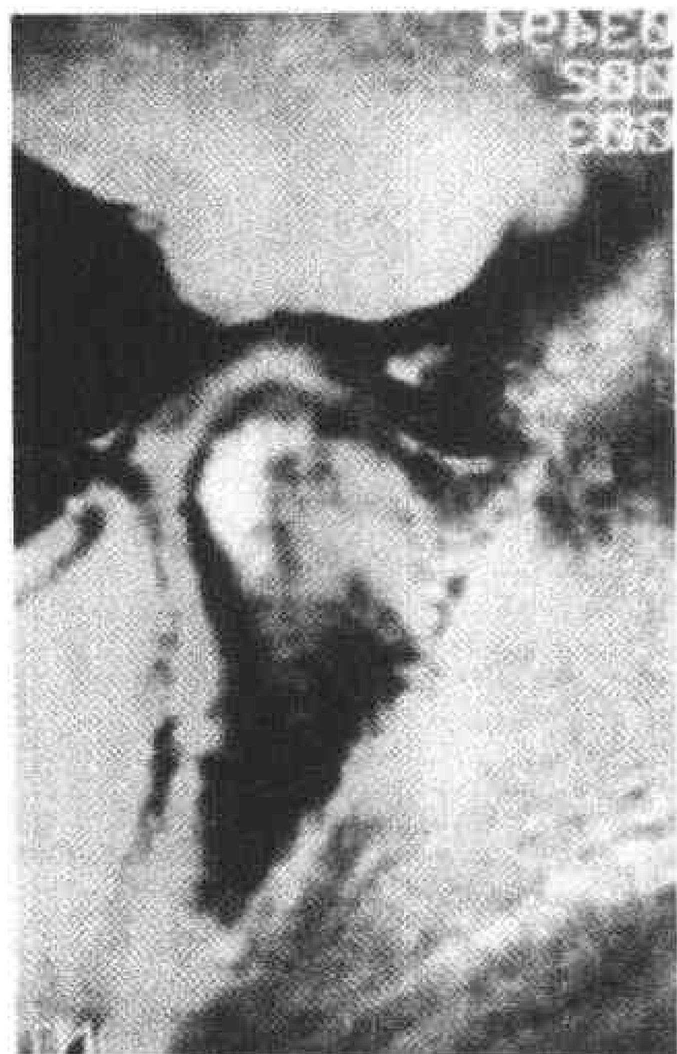
(1)



(2)

图 17-2-153 可复性盘前移位
(1) 关节上腔造影侧位体层闭口位片；
(2) 关节上腔造影侧位体层开口位片

2. 不可复性盘前移位 在关节造影及关节矢状面磁共振图像上均显示闭口时，关节盘本体部明显位于髁状突横嵴之前方，比可复性盘前移位更为明显。开口时关节盘不能恢复正常处置，仍处于前移位状态。在关节造影开口位片上显示前上隐窝造影剂不能完全回到后上隐窝，并常可见盘发生变形，类似一肿块压迫造影剂的影像。侧位体层开口位片显示此征最为清楚（图 17-2-155）。在矢状面闭口磁共振 T_1 加权像上，显示低密度的关节盘本体部明显移位于髁状突的前方，关节盘双板区影像明显拉长，并移位于髁状突顶前方。连续不同程度的开口位图像可显示关节盘双板区逐渐拉伸、变直，但关节盘本体部仍位于髁状突顶前方，不能复位，并常发生明显变形(图17-2-156)。关节盘双



(1)

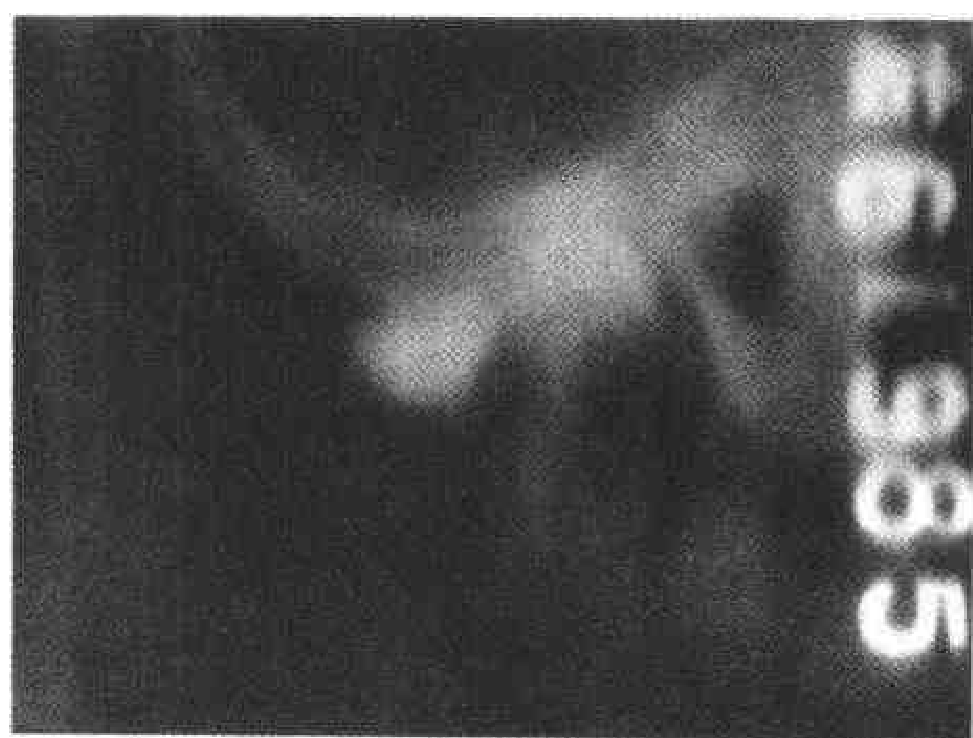


(2)

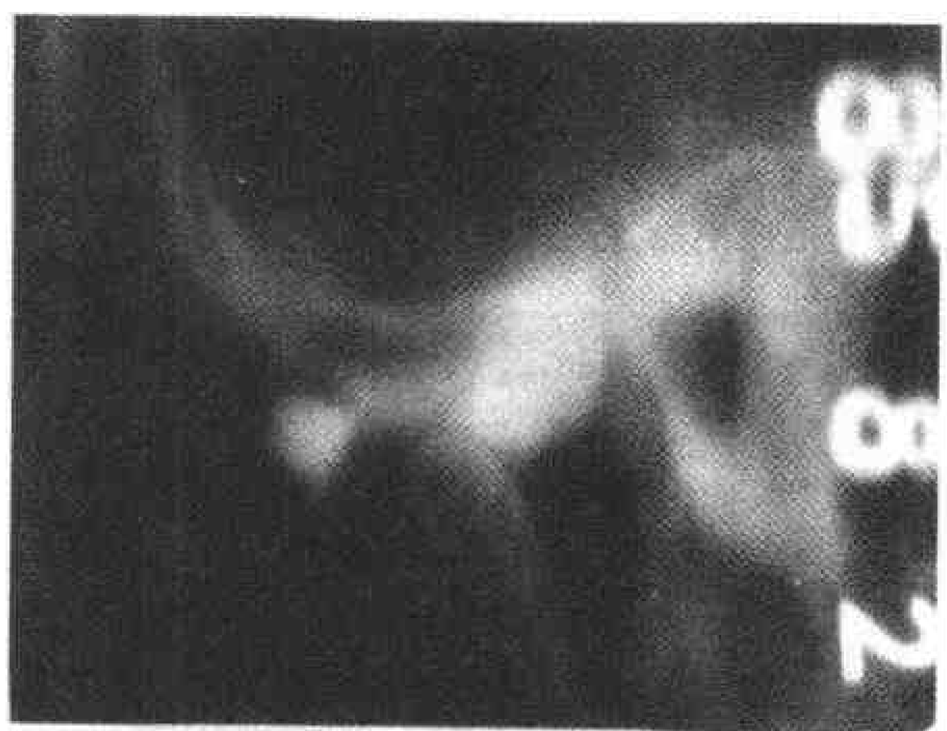
图 17-2-154 可复性盘前移位
(1) 关节矢状位闭口磁共振 T_1 加权像；
(2) 关节矢状位开口磁共振 T_1 加权像

板区与后带间的分界远不如正常者清晰。

3. 关节盘侧方移位 包括关节盘内移位及外移位。在关节上腔造影许勒位闭口片上显示关节外部 S 形造影剂正常形态消失；盘内移位时表现为过度充盈、增宽，盘外移位时表现为明显受压变薄或



(1)



(2)

图 17-2-155　不可复性盘前移位
(1) 关节上腔造影侧位体层闭口位片；
(2) 关节上腔造影侧位体层开口位片



(1)



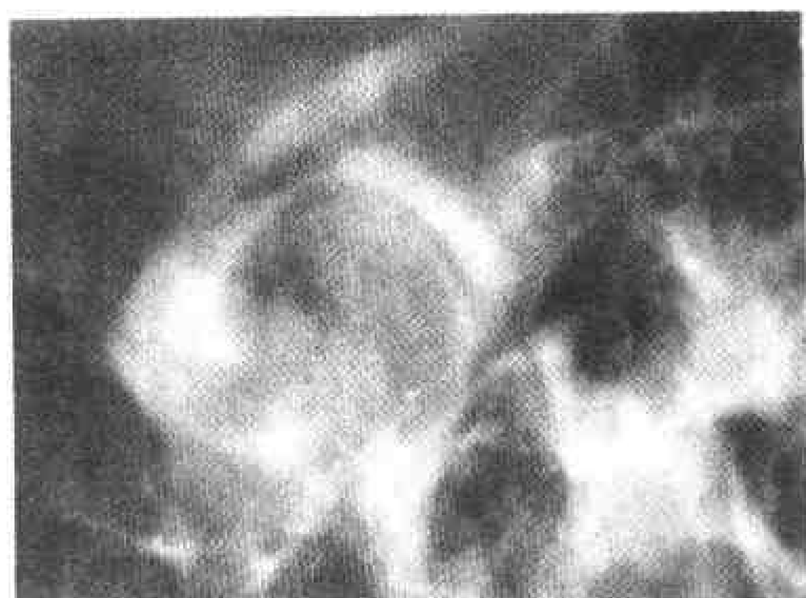
(2)

图 17-2-156　不可复性盘前移位
(1) 关节矢状位闭口磁共振 T_1 加权像；
(2) 关节矢状位开口磁共振 T_1 加权像

中断。在磁共振冠状位或斜冠状位图像上表现为关节盘位于髁状突外极的外侧，为盘外移位；如关节盘位于髁状突内极的内侧，则为盘内移位。

4. 关节盘旋转移位　即关节盘前端向内、后端向外的旋转移位。在关节上腔造影许勒位闭口片上显示关节上腔S形造影剂前部明显聚集，而后部明显变薄，甚至完全消失（图 17-2-157）。在磁共振图像上可分为前内旋转移位和前外旋转移位两种。同一侧关节在闭口矢状位或斜矢状位图像呈现为盘前移位特征，而同时在冠状位图像上呈现为盘内侧移位，即为关节盘前内侧旋转移位；若同时在磁共振冠状位或斜冠状位呈现出盘外侧移位特征，则为关节盘前外侧旋转移位。

诊断与鉴别诊断：根据典型的影像学特征，对关节盘移位不难做出诊断。在依据关节造影进行检查诊断时，应注意：①关节腔内造影剂注入过量时，可使开口位时关节前上隐窝造影剂不能完全回到后上隐窝，而造成前上隐窝内较多的造影剂滞留，易将可复性盘前移位诊断为不可复性盘前移


图 17-2-157 关节盘旋转移位
关节上腔造影许勒位片示前部造影剂聚集，而后部造影剂变薄

位。此时，应仔细辨别关节盘的影像特征及其与髁状突的位置关系，最终诊断取决于关节盘于开口位时位置是否恢复正常，而不应简单地将关节前上隐窝是否有造影剂滞留作为最后诊断依据。②注意关节造影摄片时间。由摄片时间因素造成关节造影误诊主要发生于关节绞锁患者。关节绞锁为颞下颌关节紊乱病的一个常见临床表现，患者常表现为开口或闭口过程中的某一个特定部位上发生髁状突受阻而发生开口或闭口过程的障碍。绞锁的出现往往表明患者处于由可复性盘前移位向不可复性盘前移位过渡的中间状态。如在髁状突运动受阻时，即在髁状突的运动受到了移位的关节盘阻挡时，拍摄关节造影开口位片，则可以显示为不可复性盘前移位图像；而当患者做一个特殊的动作、使髁状突绕过关节盘而解除开闭口运动障碍后，再做造影摄片检查，则可以显示为可复性盘前移位。在这种情况时，应与临床检查密切结合，以做出正确的判断。

关节造影一般可以对关节盘移位做出正确诊断，且可借助荧光透视屏幕进行动态观察，为其优点。但其图像仅能显示关节盘的间接图像，需对患者进行穿刺操作以及接受 X 线照射等为其缺点。磁共振检查可获得十分清晰的关节盘直接图像，且对人体无侵犯性操作，无放射损害，在发达国家已广泛用于关节盘移位的诊断，较关节造影有明确的优越性。但其不能进行动态观察，且用费昂贵，为其缺点。

（二）关节盘穿孔

关节盘穿孔多发生于颞下颌关节紊乱病晚期。临床表现多为开闭口、前伸及侧方运动时，关节内存在多声破碎声。在伴有髁状突退行性变时，常可存在关节内磨擦音。关节盘穿孔患者多伴有不同程度的关节盘移位，因而可同时存在关节盘移位的体征及症状。

影像学表现：主要根据关节造影检查做出诊断。当将造影剂单纯注入关节上腔或下腔，而上、下腔同时充盈显影时，便可做出关节盘穿孔的诊断。造影图像表现为上下腔均有造影剂显影，中间隔以低密度关节盘影像（图 17-2-158）。造影侧位体层开口位片常可显示造影剂分布不规则，是因关节盘破裂变形而致。数字减影关节造影图像因消除了关节骨性结构及其它颅骨影像的重叠干扰，使造影剂图像更为清晰，显示关节盘穿孔更为确切（图 17-2-159）。在矢状位磁共振 T_1 加权像上，在穿孔部位可见关节盘组织连续性中断，而出现骨—骨直接相对征象，即髁状突密质骨板低密度影像与关节窝或关节结节密质骨板低密度影像之间无关节盘组织相分隔。


图 17-2-158 关节盘穿孔
关节上腔造影侧位体层开口位片，示上、下腔均有造影剂充盈


图 17-2-159 关节盘穿孔
数字减影关节上腔造影图像，可见上、下腔均有造影剂、△所示为变形的关节盘

诊断与鉴别诊断：根据典型的影像学特征，关节盘穿孔较易诊断。但在依据关节造影诊断关节盘穿孔时需注意除外因操作者技术不熟练或遇到关节腔内注射困难时反复穿刺致使关节盘双板区受到损伤而造成的上下腔交通假像。此时常可见造影剂分布较紊乱，关节盘双板区、前附着或关节周围组织内存在密度不均匀的造影剂，再结合穿刺操作情况，有助于鉴别诊断。对于关节盘穿孔的诊断以关节造影检查、特别是数字减影关节造影检查最为敏感和准确。磁共振检查对关节盘穿孔的发现能力较差，特别是小穿孔，几乎无法发现。

（三）滑膜炎及（或）关节囊炎

滑膜炎及关节囊炎主要表现为关节局部疼痛，随功能活动而加重，特别是随向后、上方的关节负重压力和触压诊而加重，二者在临床上很难鉴别。滑膜炎为关节滑膜衬里的一种炎症，可以是原发性的，也可以继发于骨关节病发生。可以急性发作，病程较短，如数天或数周；也可以表现为慢性炎症过程，持续、迁延数月或数年之久。此时，则往往会发生关节腔内的粘连及开口受限加重等。滑膜炎可同时伴有各种关节盘移位，因此，除上述症状外，尚可同时存在相应关节盘移位的各种临床表现。某些患者可能存在因关节腔内渗出而致的关节区轻度肿胀。在有关节腔内渗液时，同侧后牙咬合不良。

影像学表现：在无关节腔内渗液积聚时，普通X线检查无明显阳性发现。在有关节积液时可于许勒位及关节侧位体层片上显示为髁状突向前下移位、关节间隙增宽等征象。磁共振检查对于滑膜炎及关节囊炎的诊断具有重要意义。在 T_2 加权像上显示关节上、下腔内出现高信号区域，为关节腔内积液的重要征象。而在盘双板区及关节囊等软组织区域出现高信号区域时，则提示为滑膜及关节囊炎症（图 17-2-160）。

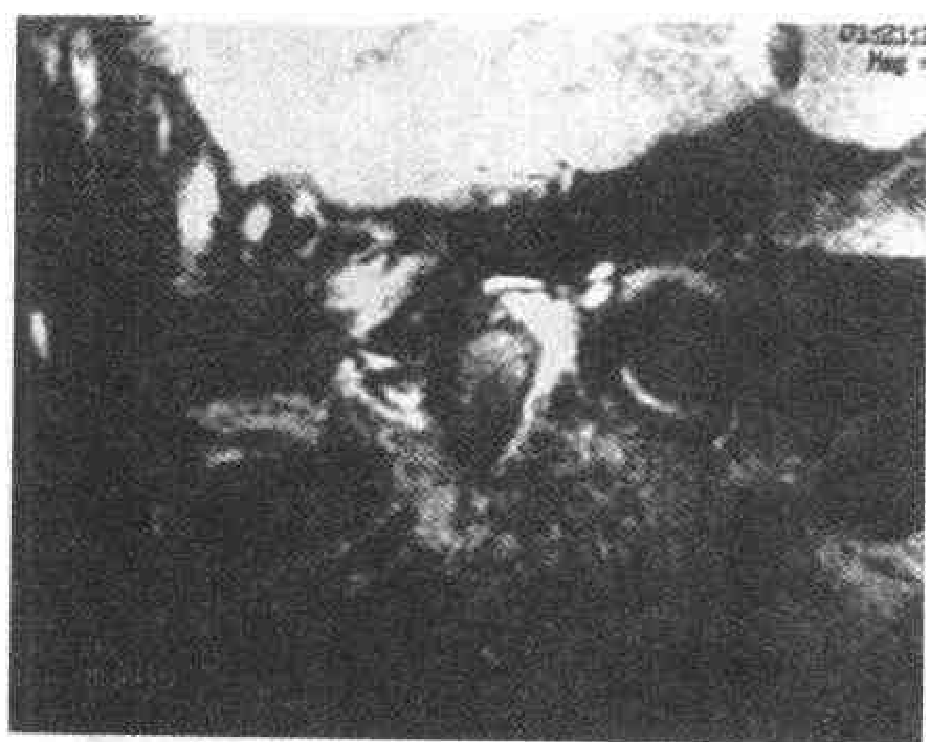


图 17-2-160　关节盘双板区炎症
关节斜矢状位 T_2 加权像，示
关节盘双板区呈高信号表现

（四）骨关节病

骨关节病亦称为退行性关节病，为一种发生于活动关节局部的、非炎症性的退行性改变。根据病因及临床情况，可分为原发性骨关节病和继发性骨关节病两种。原发性骨关节病在临床上常无明显症状，多发生于老年人，且常在体检时发现。常伴有髋、膝、腰椎及末端指趾关节受累，无先天性、创伤性及感染性关节疾病，无活动性、炎性关节病的证据（血沉正常、类风湿因子试验阴性等）。继发性骨关节病均有明确的局部致病因素，临床上可以寻找到患者既往有加重病理性改建机制负重的疾病或事件。常见的病因学因素为颞下颌关节结构紊乱疾病（包括各种关节盘移位，特别是不可复性盘前移位），对颞下颌关节的直接创伤，关节的局部感染，先天性髁状突发育异常等。

影像学表现：主要X线表现为：①髁状突硬化：多表现为髁状突前斜面密质骨板增厚、密度增高；亦可表现为髁状突散在的、斑点状致密、硬化；②髁状突破坏：可有不同表现，如髁状突前斜面密质骨模糊不清，边缘不整齐；髁状突小凹陷缺损，多发生于前斜面，但亦可发生于髁状突横嵴处及后斜面，以及髁状突较广泛破坏等；③髁状突囊样变，多表现为在髁状突密质骨板下有较大的囊样改变，周边有清楚的硬化边界；④髁状突骨质增生，可表现为髁状突边缘唇样骨质增生，也可形成明显的骨赘；⑤髁状突磨平、变短小，表现为髁状突横嵴及前斜面磨平、成角，髁状突变短，为髁状突长期受到创伤、磨耗而致；⑥关节结节、关节窝硬化，多表现为关节结节及关节窝密质骨板增厚，密度增高；⑦关节间隙狭窄，多为骨关节病晚期改变（图 17-2-161）；⑧常伴有关节盘移位、穿孔等病变。

诊断与鉴别诊断：①类风湿性关节炎：与骨关节病可有近似的颞下颌关节症状，需进行鉴别诊断。骨关节病一般可表现出关节间隙狭窄、骨质硬化、髁状突磨平、囊样变等典型X线改变。而类



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)

图 17-2-161 颞下颌关节骨关节病 X 线表现
(1) ~ (4) 均为髁状突经咽侧位片；(1) 髁状突顶部小凹陷缺损 (2) 髁状突前斜面模糊不清，前下方骨质增生 (3) 髁状突顶部囊样变 (4) 髁状突前下方骨赘形成 (5) 许勒位片示髁状突顶部磨平、囊样变及关节窝浅平宽大

风湿性关节炎则主要表现为骨质稀疏、骨质破坏，很少见有骨关节病那样的硬化及髁状突磨平影像。但若类风湿性关节炎病程较长时，则可有髁状突骨赘形成。并由于骨承受压力分布的变化，可在原来类风湿病变的基础上，增加类似骨关节病样的改变。因而在疾病得到控制或治愈时，仅凭 X 线影像很难鉴别类风湿性关节炎和骨关节病，而必须结合临床情况及其他检查。骨关节病多为单侧关节发病，且一般在关节运动时发生疼痛，并随活动增加、疲劳而加重。类风湿性关节炎则多同时侵犯双侧颞下颌关节，而且颞下颌关节症状往往与全身类风湿活动情况有关。临床病史、全身情况及生化检查（如类风湿因子阳性、血沉快等）均有助于对类风湿性关节炎做出诊断。②慢性创伤性关节炎，亦可存在关节弹响、不同程度的开口运动障碍及关节区疼痛。在后期，由于关节内存在器质性改变，可出现关节内磨擦音，其临床表现与骨关节病相似。依据病史及有的患者可见髁状突陈旧性骨折征象，有助于鉴别诊断。③其他疾病：由于某些其它活动性系统性关节炎累及颞下颌关节时，亦可产生与颞下颌关节紊乱病类似的症状，如牛皮癣性关节炎、强直性脊柱炎等。此时应结合临床整体情况进行鉴别。此外，某些关节内、外的肿瘤也可引起开口受限、关节区疼痛等临床症状，应注意进行全面的检查以进行鉴别诊断，如颞下颌关节骨瘤、骨软骨瘤、滑膜软骨瘤病等。某些关节恶性肿瘤如滑膜肉瘤、骨肉瘤以及关节外肿瘤如上颌窦后壁癌、颞下

窝肿瘤及鼻咽癌等亦均可引起开口受限，在临床上应予以足够的重视。

骨关节病主要依靠普通X线检查诊断，常用片位为许勒位、髁状突经咽侧位、曲面体层、关节正侧位体层片等。在疑有关节骨结构或面深部占位性病变、需与骨关节病进行鉴别时，应进行CT检查。在疑有关节盘移位或关节盘穿孔时，应行关节造影或磁共振检查。

二、类风湿性关节炎

类风湿性关节炎是一种全身性疾患，常累及多个关节，病因尚不完全清楚。最常发生于20～30岁患者，大多为女性，也可累及儿童。常累及多个关节，颞下颌关节为常见的受累关节。本病初期可有颞下颌关节、翼外肌的压痛及下颌运动受限。疼痛一般为钝痛，深在而局限于关节部位。少数患者可有较剧烈的疼痛，并可累及颞部、下颌角部等。偶可见有关节区肿胀。部分患者因存关节内器质性病变而在关节运动时出现磨擦音。晚期严重患者可有关节强直。

影像学表现：本病初期可无阳性X线征。如病变活动、关节内渗液积聚时，可出现关节间隙增宽，髁状突向前下移位；此时如进行磁共振T_2加权像检查，可见关节腔内呈高信号表现。随病变进展，关节骨质变得稀疏，密质骨变薄，病变范围较为广泛，继而可出现不同程度的骨质破坏（图17-2-162）。病变严重者，骨质破坏广泛，有的可出现较大的凹陷缺损，很少有成骨现象。此时髁状突及关节结节均可以受到广泛破坏。如病程长期持续，可形成髁状突骨赘，发生典型的退行性改变。严重患者晚期可形成骨性关节强直。



图17-2-162　类风湿性关节炎
髁状突经咽侧位片示髁状突前斜面骨质广泛破坏

诊断与鉴别诊断：需与骨关节病进行鉴别，鉴别诊断要点见骨关节病部分。

影像学检查主要依靠普通X线检查，常用检查方法同骨关节病。在疑有关节积液时，磁共振检查T_2加权像有助于明确诊断。

三、创伤性关节炎

创伤性关节炎均有急性创伤史，症状与所受创伤的严重程度有关。一般可出现下颌运动受限、开口困难、关节区疼痛及局部肿胀等。在伴有颌骨骨折时，则可造成殆关系紊乱。在仅有髁状突“脱帽”骨折时，殆关系可无明显改变，但关节区一般均有明显的压痛。急性创伤性关节炎治疗不当或病情严重者，可转化为慢性创伤性关节炎。此时常可见关节弹响、磨擦音、不同程度的开口运动障碍及关节区疼痛等。时间迁延者，可发生关节内纤维粘连，甚至关节强直。

影像学表现：急性创伤性关节炎由于关节腔内渗液、积血或关节盘移位，可造成关节间隙增宽。在无骨折或其它骨质改变时，可无其他明确的X线异常征象。在创伤较重时，常可见关节囊内骨折碎片分离。在关节骨质出现退行性变化时，可出现与骨关节病相同的X线征象（图17-2-163）。严重



图17-2-163　创伤性关节炎
髁状突经咽侧位片示髁状突骨折后4年，髁顶部磨平、硬化，髁状突前方形成骨样突起

患者晚期，可发生纤维性或骨性关节强直。

诊断与鉴别诊断：根据创伤史及典型的临床表现，诊断一般并不困难。慢性创伤性关节炎应注意与骨关节病等进行鉴别诊断，详见骨关节病部分。在伴有髁状突矢状骨折时，CT平扫有助于明确诊断。

四、感染性关节炎

感染性关节炎可分化脓性与非化脓性两种，在颞下颌关节均相当少见，其中以化脓性者较多。结核和梅毒性关节炎以及真菌感染均甚为少见。在患风疹或流感时，有的患者也可发生颞下颌关节疼痛。本节仅叙述化脓性关节炎与结核性关节炎。

（一）化脓性关节炎

化脓性关节炎可发生于任何年龄，以儿童最多。关节开放伤口、关节腔内注射感染、邻近部位感染的直接扩散（如中耳炎、腮腺炎）及败血症的血源性播散均可导致颞下颌关节的感染。因致病菌毒力及个体抵抗力不同而可有不同的临床表现。一般发病突然，关节区红、肿、热、痛，并伴有严重的开口受限，甚至完全不能开口。常伴有高热、全身不适、白细胞计数增高及咬合不良、下颌向健侧偏斜等。

影像学表现：早期由于关节内渗液积聚而表现出关节间隙增宽，髁状突被推移向前下方，严重者可至关节结节顶处。此时骨质可无改变，或仅有髁状突边缘部位及关节窝骨质疏松、密度减低、骨纹理模糊等。某些患者可较早出现关节结节不同程度的破坏。晚期由于关节内骨、软骨的破坏，X线影像表现为髁状突表面及关节结节后斜面粗糙不平。严重者，髁状突、关节窝及关节结节均可有较广泛的破坏（图17-2-164）。以后由于纤维性粘连，使这些结构相互融合，经骨化可形成骨性关节强直。



图17-2-164　化脓性关节炎
髁状突经咽侧位片示髁状突广泛骨质破坏

诊断与鉴别诊断：根据病史及典型的临床表现，化脓性关节炎不难诊断。在早期，进行关节腔穿刺，抽取关节积液进行镜检，有助于确定诊断。其影像学检查主要依靠普通X线检查方法。在早期，许勒位或关节侧位体层片显示关节间隙增宽，具有重要诊断价值。

（二）结核性关节炎

颞下颌关节结核性关节炎甚为少见，主要见于髁状突。临床表现为关节区轻度肿胀、疼痛、开口困难，开口型偏斜。关节区压痛明显，髁状突动度减低，常伴有低热，但也可无明显低热表现。翼外肌激惹试验常呈阳性。

影像学表现：X线表现主要为关节间隙模糊、髁状突表面不光整，可形成巨大的空洞状破坏，并可造成密质骨板穿破，无骨质增生表现（图17-2-165）。CT平扫可见髁状突呈近圆形局限性溶骨性破坏，无骨质增生征象，并常可见翼外肌肿胀。CT强化，骨破坏病变局部无增强征象。



(1)



(2)

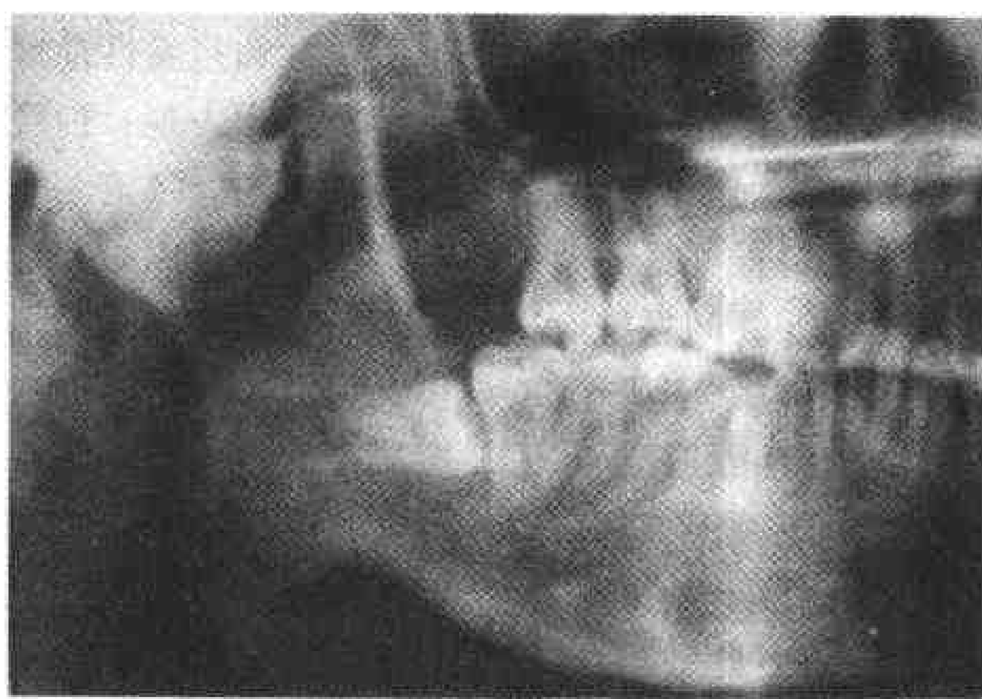
图17-2-165　髁状突结核
(1)右关节侧位体层片示右髁状突空洞状巨大破坏，前部密质骨板断裂；(2)髁状突经咽侧位片示抗结核治疗半年后复查时，右髁状突骨质破坏区已基本修复

诊断和鉴别诊断：颞下颌关节结核在临床上表现与颞下颌关节紊乱病相似，很容易发生混淆。除注意临床表现外，X线检查具有重要意义。髁状突巨大的空洞性破坏，有助于与颞下颌关节紊乱病进行鉴别。在结核性空洞破坏累及密质骨时，应注意与髁状突恶性肿瘤进行鉴别，此时进行CT检查是重要的。本病一般依靠普通X线检查即可做出诊断。当许勒位片发现髁状突密质骨粗糙不清晰时，应拍摄关节侧位体层片及髁状突经咽侧位片，以观察关节骨质改变情况。CT检查可发现翼外肌肿胀等征象，并对与髁状突恶性肿瘤的鉴别有重要价值。

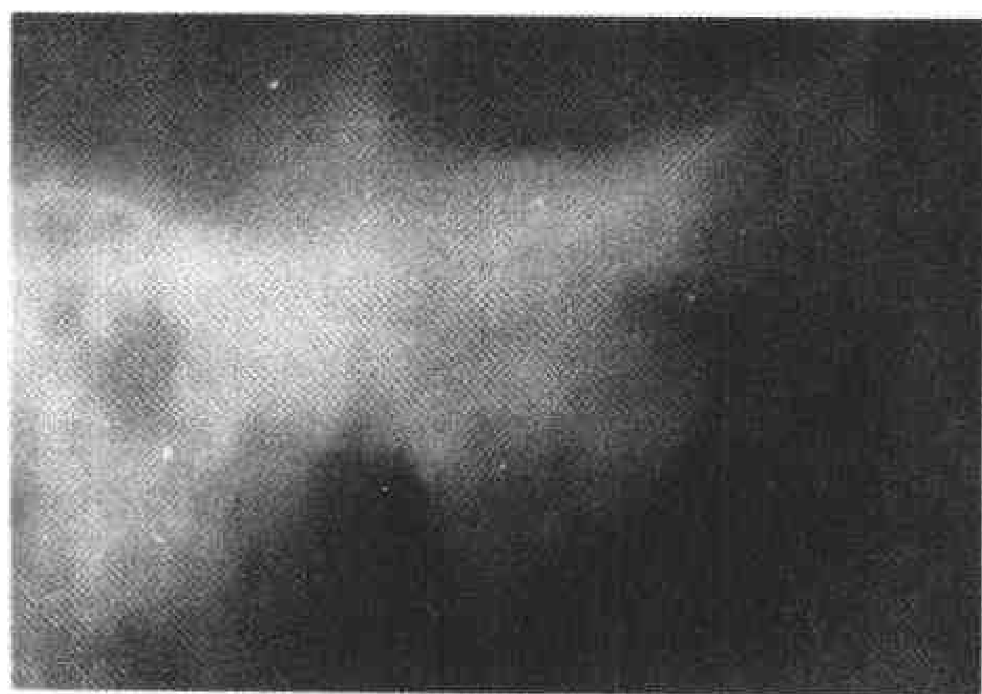
五、颞下颌关节强直

颞下颌关节强直是指由于关节本身的病理改变而致的关节活动丧失，主要临床表现为开口困难或完全不能开口。纤维性强直患者可以稍有开口活动，而骨性强直则几乎完全不能开口。儿童时期发生关节强直者，因影响下颌骨的发育，可致小颌畸形及牙合关节紊乱，成年人或青春发育期之后发生关节强直者，可无明显颌骨畸形。

影像学表现：纤维性强直X线表现为关节骨性结构不同程度的破坏，形态不规则。关节间隙模糊不清，且密度增高。骨性强直可见正常结构形态完全消失，无法分清髁状突、关节窝、颧弓根部的形态及其之间的界限，而由一个致密的骨性团块所代替（图17-2-166）。病变广泛者可累及乙状切迹、喙突和颧弓，而于下颌升支侧位片上显示为T形骨性融合。部分患者可为部分纤维性、部分骨性的混合性强直。儿童罹患本病，可影响颌骨发育形成颌骨畸形，X线检查可见有升支短小，角前切迹加深，牙发生于下颌升支高处等。常可见喙突伸长、受累侧颌骨水平部变短小等。



(1)



(2)

图17-2-166　颞下颌关节强直
(1) 曲面体层片示右关节正常骨性结构形态消失，而为一致密骨球所代替；(2) 关节侧位体层片显示关节强直病变范围



图 17-2-167　喙突骨软骨瘤
华特位片示左喙突过长，顶部为骨软骨瘤，压迫颧骨、上颌骨吸收

颞下颌关节强直主要依靠普通X线检查，如曲面体层、下颌升支侧位、许勒位等。关节正侧位体层片可进一步明确病变范围，CT检查在这方面更具优点。

诊断与鉴别诊断：应与下列疾病鉴别：①颌间瘢痕：主要临床症状亦为开口困难或完全不能开口。常有坏疽性口炎或上下颌骨较广泛的损伤史。多伴有口腔颌面部软组织瘢痕挛缩或缺损畸形，故亦可称此种疾患为关节外强直。X线检查可见关节骨性结构和关节间隙无重要异常影像。颌间瘢痕有骨化者，在颧骨后前位片上可见颌间间隙变狭窄，其中有密度增高的骨化影像。严重患者可形成上、下颌间广泛的骨性粘连、愈着。②颞下颌关节紊乱病咀嚼肌群痉挛：可造成较严重的开口困难，但一般均在咬肌、颞肌等部位出现压痛，而且经治疗、肌痉挛一旦解除后，开口困难即可消失。X线检查无阳性发现或仅有一般的髁状突或关节窝骨质改变。③肿瘤：颞下窝、翼腭窝、上颌窦后壁的肿瘤以及鼻咽癌和颞下颌关节的肿瘤均可导致较严重的开口受限，需注意鉴别。肿瘤所致开口困难多伴有其它相应临床症状，如三叉神经分布区麻木、鼻塞、鼻衄、听力下降等，而且X线检查常可见受侵处骨破坏及软组织包块等，可助鉴别。④喙突过长及喙突骨瘤或骨软骨瘤：在很少情况下，开口困难可由喙突过长及喙突骨瘤或骨软骨瘤引起，其可压迫颧牙槽嵴部位（图 17-2-167），拍摄华特位及升支侧位体层片有助于明确诊断。

六、颞下颌关节脱位

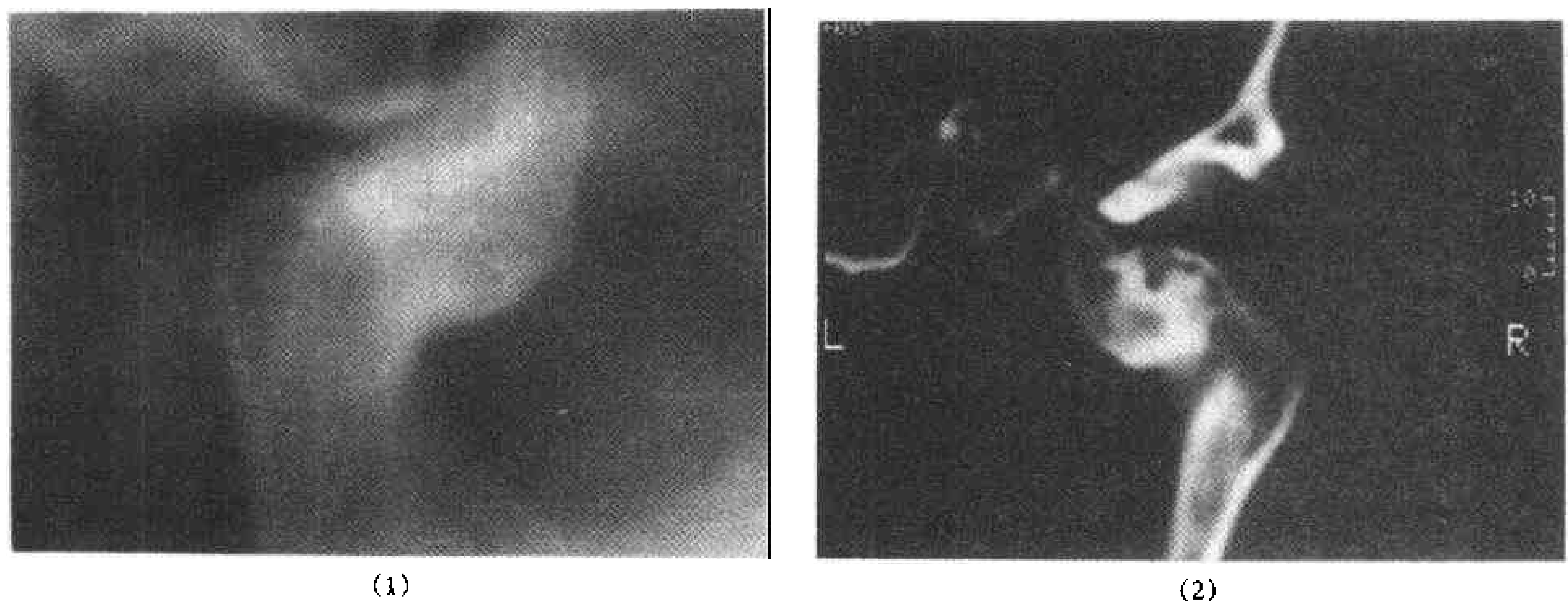
是指髁状突脱出关节之外而不能自行复位的情况。按部位脱位可分为单侧脱位和双侧脱位；按性质可分为急性脱位、复发性脱位；按髁状突脱出的方向、位置又可分为前方脱位、后方脱位、上方脱位及侧方脱位，后三者主要见于较重的创伤。临床上以急性和复发性前脱位较为常见。

影像学表现：前脱位一般凭临床病史及检查即可确定诊断，不必一定作X线检查。在临床诊断有困难时，可以拍摄许勒位片。可见髁状突脱出至关节结节的前上方，不能复位。后方脱位、上方脱位及侧方脱位可根据在许勒位、下颌后前位片髁状突脱出的方向确定。必要时可拍摄关节体层片或进行CT检查。

七、颞下颌关节肿瘤

颞下颌关节肿瘤在临床上并不多见，但在颞下颌关节病鉴别诊断中占有重要位置。良性肿瘤包括髁状突骨瘤、骨软骨瘤及滑膜软骨瘤病等；其中以髁状突骨瘤及骨软骨瘤较为多见，而滑膜软骨瘤病则极为罕见。恶性肿瘤中较为常见的为转移性肿瘤。原发性颞下颌关节恶性肿瘤以骨肉瘤、滑膜肉瘤及软骨肉瘤相对较为常见。

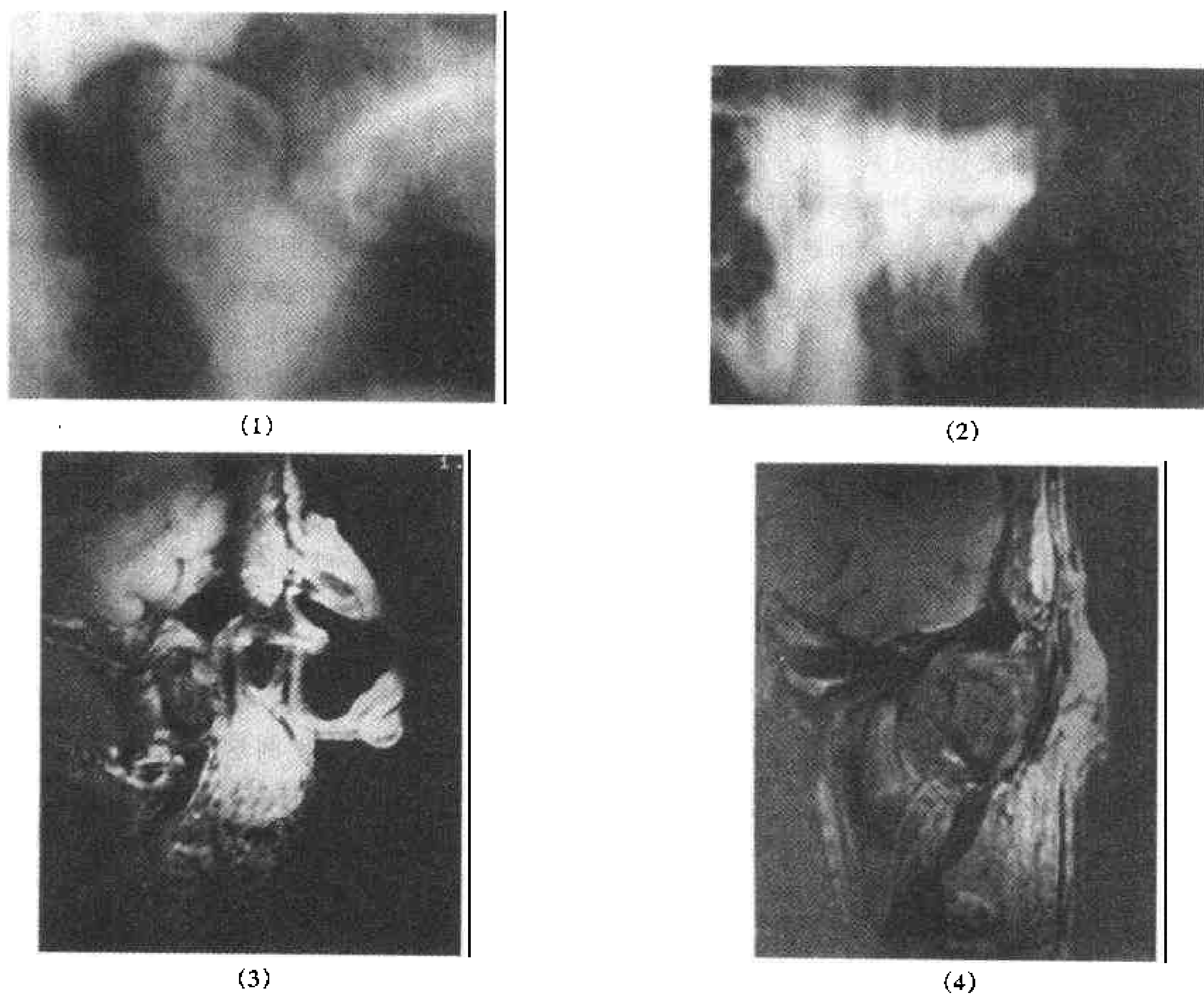
影像学表现：髁状突骨瘤及骨软骨瘤，许勒位片常表现出关节窝空虚，髁状突脱出。髁状突经咽侧位、关节侧位体层片常可显示髁状突上有明确的骨性新生物，与髁状突相连。骨性新生物可为完全致密性的骨性突起，亦可表现为外有密质骨覆盖，中间松骨质与髁状突松质骨相通连（图 17-2-168）。在髁状突骨软骨瘤表面有明显软骨成分增生时，在作关节下腔造影时则可见在下腔造影剂与髁状突之



(1)　(2)

图 17-2-168　髁状突骨瘤

(1) 左关节侧位体层片示髁状突前方明显骨性新生物，外有密质骨覆盖，中间松质骨与髁状突松质骨相连；(2) 另一病例，关节冠状位 CT 图像示右髁状突骨瘤，向内侧生长



(1)　(2)　(3)　(4)

图 17-2-169　颞下颌关节滑膜软骨瘤病

(1) 髁状突经咽侧位示左髁状突后部骨质破坏；(2) 左关节造影侧位体层片示关节上、下腔交通，并可见造影剂充盈缺损；(3) 左关节矢状位闭口磁共振 T_1 加权像，示髁状突后方为增生的软组织占据，其中可见散在点状低信号影像，为游离体；(4) 左关节冠状位闭口磁共振 T_1 加权像，示关节囊明显扩张，关节囊内组织增生，其中亦可见散在游离体低信号影像

间有一低密度间隙，而在髁状突骨瘤时，则不存在这一较宽的低密度影像带。

滑膜软骨瘤病患者，许勒位或关节侧位体层片常显示髁状突前下移位，关节间隙明显增宽。在关节内存在骨化较好的游离体时，则可见在关节腔内有数个不同大小的类圆形致密影像。髁状突常有不

同程度的破坏，在髁状突经咽侧位及关节侧位体层片可以清楚地显示。关节造影检查可见明确的造影剂充盈缺损，并常伴有上下腔穿通 X 线征象(图 17-2-169(1)(2)),但亦可表现为一类似关节盘肥厚的改变。对于此瘤，磁共振检查可提供更多、更可靠的诊断资料，如关节囊明显扩张、囊壁组织增厚及在增生的软组织内有散在的游离体所显示的低密度影像等(图 17-2-169(3)(4));亦可表现为类似关节盘肥厚影像，但信号明显增强，且其中可见散在游离体低密度影像。

颅底骨巨细胞瘤侵及颞下颌关节时，可见关节间隙明显增宽，髁状突向前下移位，关节窝、关节结节广泛骨质破坏等。CT 检查往往可以更清楚地显示病变的范围和骨质破坏的程度，并常可见肿瘤组织有明显的增强现象，表明肿瘤血运丰富。

原发性关节恶性肿瘤如滑膜肉瘤、骨肉瘤等早期可无明显阳性 X 线征象，或仅有关节间隙增宽等，甚易误诊为颞下颌关节紊乱病。在中晚期则可出现广泛骨质破坏。颞下颌关节转移瘤可由其它部位恶性肿瘤经血行转移而来，也可由腮腺、外耳道及中耳的恶性肿瘤波及。主要 X 线改变为关节骨性结构的破骨性改变（图 17-2-170）。



图 17-2-170 甲状腺癌左髁状突转移
下颌骨侧位片示左髁状突大部破坏，在破坏区内可见有少量残余骨影像

诊断与鉴别诊断：在临床上应特别注意颞下颌关节肿瘤的诊断，特别是关节的恶性肿瘤。由于其早期临床表现与颞下颌关节紊乱病颇为相似，极易造成误诊。当患者存在原因不明的重度开口受限、面部感觉异常、听力下降、鼻衄、关节局部肿胀等表现时，应特别注意关节内外肿瘤的可能性。此时，应进行积极的、全面的影像学检查，对于早期发现肿瘤有重要意义。对于髁状突骨瘤的诊断主要依靠普通 X 线检查，如曲面体层片，关节正、侧位体层摄影等；对于疑为髁状突骨软骨瘤者可行关节下腔造影检查；对于滑膜软骨瘤病的检查，除普通 X 线检查外，CT 和磁共振检查具有重要意义。对于破坏广泛的关节恶性肿瘤，CT 检查可更有利于观察病变侵犯的范围及其与毗邻结构的关系。

（马绪臣）

第十一节 涎腺疾病

一、涎腺发育异常

（一）涎腺先天缺失或发育不全

大涎腺先天缺失少见,可双侧或单侧发生,病因不清楚,涎腺缺失可伴有头颈部其它异常,在眼-耳-脊柱疾病(ocular-ariculo-vertebral spectrum)、下颌骨-面骨发育不全(mandibulofacial dysostosis)及 Hanhart 综合征等疾病中,均有大涎腺缺失或发育不全的报告。有些学者曾报告大涎腺及泪腺发育不全,并有两代或两代以上受累的报告。大涎腺缺失或发育不全时,可出现口干症状;涎腺造影时可见导管口未发育或无法进入,核素检查看不到核素摄取现象。

（二）迷走涎腺

在下颌骨体内偶见涎腺组织，通常穿过舌侧骨皮质，以蒂与正常颌下腺或舌下腺相连，称作发育性舌侧下颌涎腺陷入（developmental lingual mandibular salivary gland depression），又称静止性骨腔。1942 年，Stafne 第一次描述，以后有数例报告，1968 年 Karmiol 及 Walsh 从 4963 张成人曲面断层片中发现 18 例这种“陷入”，发生率为 0.4%。临床上多无症状，在 X 线检查时偶然发现。X 线表现为卵圆形密度减低区，通常位于下颌管与下颌下缘之间，下颌角的前方，颌下腺造影时可见部分腺体位于其中；偶见双侧发生者。

舌下腺陷入可发生于下颌前段的舌侧，X 线片上表现为边界不清的密度减低区，位于下颌中切牙及第一双尖牙之间。

（三）涎腺异位

腮腺常沿嚼肌前缘或其下缘发生异位，如有些病例中腮腺异位至耳前区，接近颞部，局部凸起如肿块；有些在刮脸时发现，怀疑为肿瘤而就诊；有

些则是在体检中发现。颌下腺可异位至扁桃体窝，或颌舌骨肌之上的舌下间隙，有些与舌下腺融合。异位涎腺一般无症状，进食时可有酸胀感。可继发炎症、囊肿或肿瘤等。造影时多显示为发育不全的腮腺。

（四）导管异常

导管异常可表现为导管缺失、先天性导管扩张及导管口位置异常等。涎腺导管缺失罕见，泪-耳-牙-指综合征（lacrimo-auriculo-dento-digital syndrome，LADD syndrome）包括泪腺异常、耳廓异常、牙齿异常、手指畸形及泌尿生殖系统异常等，其中约50%的患者涎腺发育不全，表现为腮腺导管或导管口缺如。导管扩张包括主导管扩张及末梢导管扩张，常因继发感染而就诊，挤压腺体可见大量涎液射出；涎腺造影可见主导管扩张，可呈囊状，或末梢导管扩张。有些学者注意到末梢导管扩张可与支气管扩张同时存在；Meyer(1934)及Smith(1953)曾报告家族性腮腺末梢导管扩张的病例。导管口位置异常，可位于颊、下颌下缘、上颌窦等部位，可发生先天性涎瘘。我们曾见过1例腮腺导管口位于口角，并伴有同侧大口畸形及副耳。

二、涎石病

涎腺或其导管内形成涎石伴发一系列的病理改变称涎石病。涎石病以颌下腺最多见，腮腺较少；涎石阻塞导管常可引起导管及腺体的炎症。进食时阻塞的腺体常肿胀，疼痛；进食后肿胀及疼痛消失；导管口粘膜红肿，挤压腺体及导管可有脓液溢出；涎石处压痛，有硬物感，其周围可有炎性浸润；常伴有腺体炎症表现。

1.片位选择　阳性涎石用X线平片即可检出。怀疑颌下腺涎石在导管前段者，用下颌横断𬌗片检查，投照时应采用软组织条件投照，以能显示舌的影像为标准，否则钙化稍差的涎石易被遗漏。疑颌下腺涎石在导管后段或腺体内者，用颌下腺侧位片检查。腮腺导管前段涎石可用口内三角片检查，在口内腮腺导管口处放置一略呈三角形的胶片，尖端指向颊垫尖部，基底在口角处，胶片贴于被投照侧口内颊部，自口外用软组织条件垂直投照。腮腺导管后部涎石可用鼓颊后前位片检查，口腔充分鼓气使颊部向外膨出，形成良好的空气-软组织对比，用后前位投照。阴性涎石在平片上不能显示，需用涎腺造影术检查，造影时应使用水溶性造影剂，以避免使用油性造影剂所产生的过高压力将涎石推向导管远心方向。

2.X线平片表现　涎石呈单个或多个圆形，卵圆形或柱状高密度影像，数毫米至2厘米不等，沿导管走行方向及位置排列，有些可见围绕一低密度核心的层状结构。颌下区的钙化淋巴结有时易与颌下腺导管结石混淆，淋巴结钙化多呈不规则的点状聚集，并常是多发的。

3.涎腺造影表现　涎石在造影片上显示为圆形或卵圆形充盈缺损（图17-2-171），其远心段可见导管扩张；涎石完全阻塞导管时，可见注入的造影剂影像突然中断，或末端呈分叉状。造影剂注入过程中应注意防止气泡混入，以免与阴性涎石混淆。数字减影涎腺造影术可动态观察造影剂注入过程及通过涎腺结石处的情况，有其特殊的诊断价值。

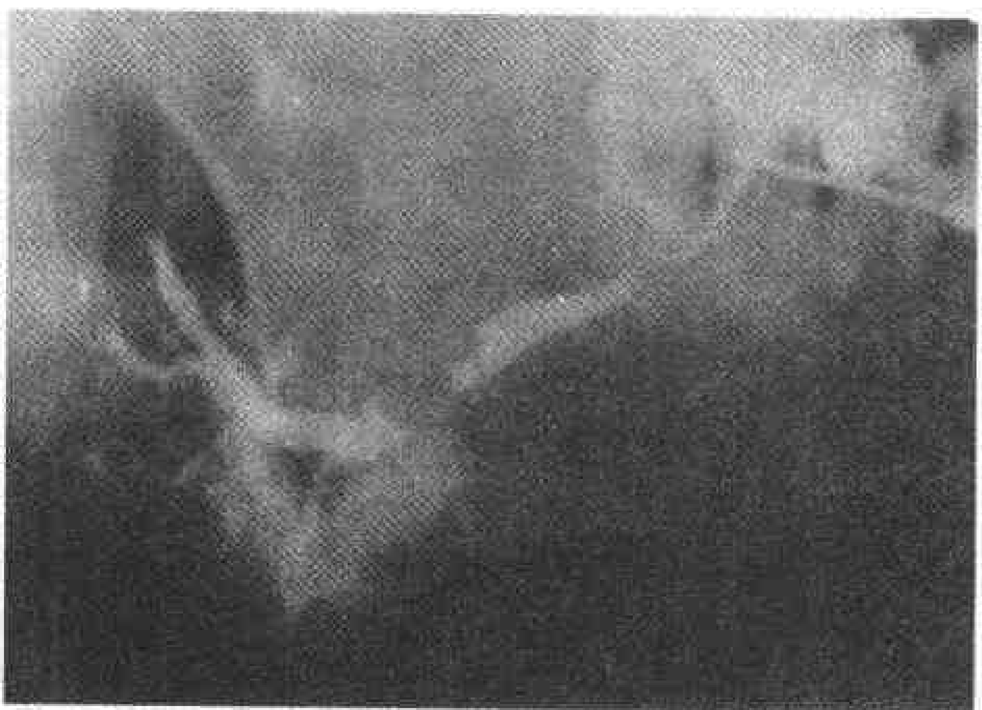


图17-2-171　左侧腮腺导管阴性涎石
涎腺造影表现为主导管内卵圆形充盈缺损，涎石近心及远心段导管扩张

近年来，一些学者报告了涎腺内窥镜在涎石病诊治中应用的研究结果，1997年以色列希布伦大学的Nahlieli总结了硬式内窥镜在涎石病诊治中的应用经验和3种取石方法：①吸取或用抓篮整块取出是首选方法；②夹碎后吸取；③用体内碎石机进行碎石。对没有发现结石的涎腺炎可通过内窥镜系统进行灌注冲洗治疗。涎腺内窥镜检查及治疗的适应证有3方面：①一般外科取石手术难以取出的涎石，如颌下腺及腮腺导管后部的涎石；②取石术后可检查是否有涎石残留；③造影或超声检查中发现导管扩张或狭窄。有人提出涎腺内窥镜检查前应进行超声及造影检查以确定导管管径，了解导管变异

情况，对涎腺内窥镜检查及治疗的可行性作出估计。涎石较大，超过15毫米，或腺内结石者不做为涎腺内窥镜治疗的适应证。

三、涎　瘘

涎瘘为涎液自涎腺的异常开口溢出，涎瘘根据其发生部位可分为腺瘘及管瘘。涎瘘多发生在腮腺，多因外伤，感染或不正确的手术切口而形成。腮腺及其主导管位于面部皮下，咬肌浅面，位置表浅，极易为不熟悉局部解剖者所误伤。涎液可经外涎瘘瘘口流至面颊部，进食时分泌物排出量增多，瘘口周围皮肤可因涎液激惹出现轻度炎症或湿疹样皮损。

涎瘘的明确诊断需进行涎腺造影，可鉴别腺瘘及管瘘，并观察瘘口与腺门的关系，以便决定手术治疗方法。造影时应使用油性造影剂以便于操作，自口内涎腺导管口注入造影剂时，可用棉卷在瘘口处稍加压力，以避免造影剂自瘘口流出；瘘口近心段导管闭塞时可经瘘口注入造影剂。

腺瘘显示导管系统完整，造影剂自腺体部外漏；管瘘则表现为造影剂自主导管破损处外漏（图17-2-172），瘘口狭窄时可见其远心段导管扩张。

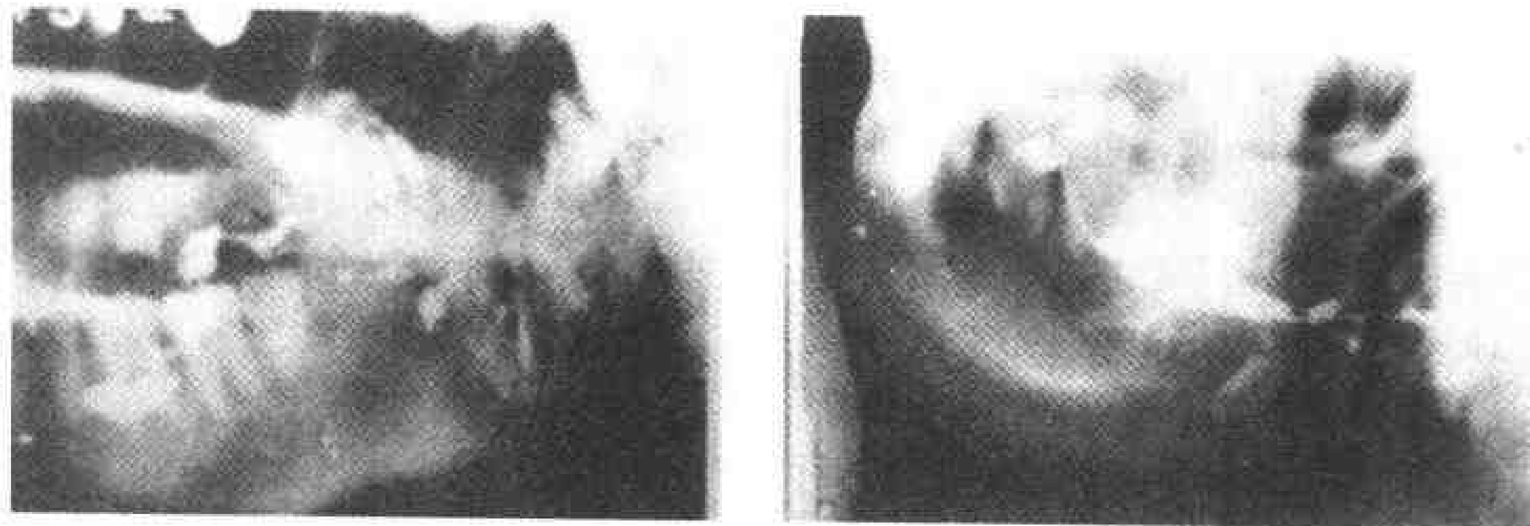


图17-2-172　左侧腮腺导管瘘
涎腺造影可见造影剂自导管瘘口处外漏，左图为腮腺造影曲面断层片，右图为腮腺造影侧位片

四、涎 腺 炎 症

（一）儿童复发性腮腺炎

关于其病因尚有争论，一般认为与下列因素有关：①逆行感染引起，其中流行性腮腺炎可能是诱因；②儿童免疫系统发育不成熟，免疫功能低下，易发生逆行性感染，待其免疫功能发育完善即可痊愈；③这些患儿常有家族性发病史，表现为腮腺反复肿胀，腮腺造影都呈末梢导管扩张，因此考虑先天性涎腺发育异常为其潜在的发病因素；④这些患儿发病前多有流行性腮腺炎病史，但一般认为这不是该病的直接病因，而是病毒感染造成全身抵抗力降低，继发细菌感染；⑤该病的发生与性激素及甲状腺素等内分泌因素有关。

发病年龄平均7～9岁，最小可仅几个月，男性稍多；发病前多有流行性腮腺炎或感冒等病史；腮腺反复肿胀，不适，肿胀程度一般不及流行性腮腺炎重，皮肤潮红，体温升高。

涎腺造影多采用40%碘化油，主导管一般无异常表现，有些可表现为主导管扩张，呈导管炎表现；儿童的分支导管未发育完善，可显示较少；末梢导管呈点状或球状扩张（图17-2-173），排空功能迟缓。邹兆菊等报告132例患儿中，呈末梢导管扩张表现者占82.6%；末梢导管扩张伴主导管扩张者占9.8%；腺体形态正常，排空功能迟缓者占6.1%；末梢导管扩张伴局部腺泡充盈缺损者占1.5%，均为局部有脓肿形成，经切开引流者。

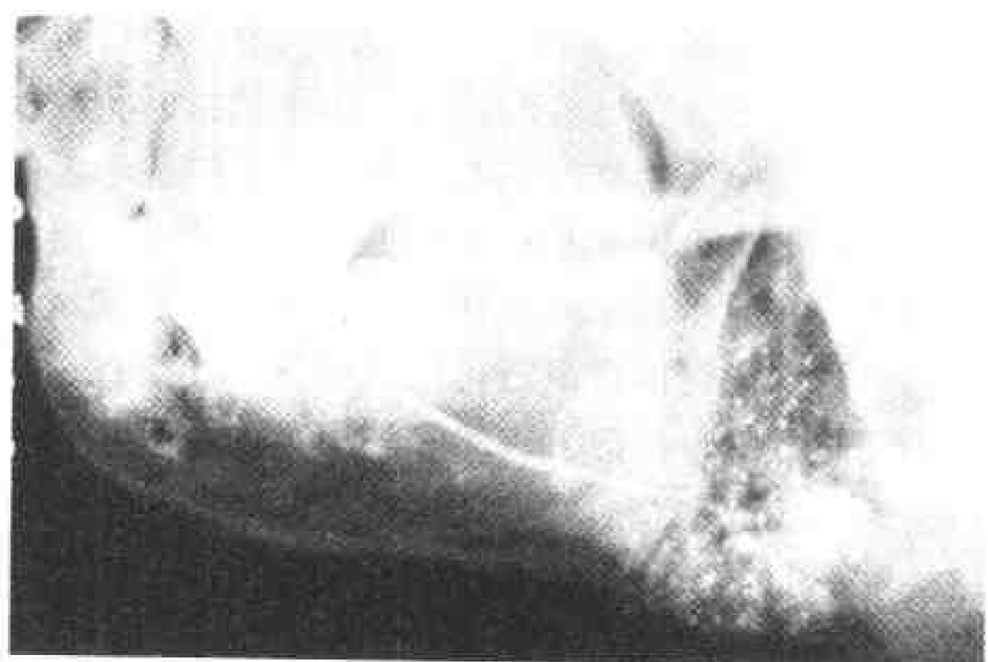


图17-2-173　儿童复发性腮腺炎
涎腺造影表现为末梢导管点状扩张

临床表现为双侧腮腺肿胀者，腮腺造影中约3/4的患儿表现为双侧末梢导管扩张，另外1/4表现为单侧末梢导管扩张；临床上表现为单侧腮腺肿胀者中，约56%的患儿腮腺造影呈单侧末梢导管扩张，另一侧腺体排空功能迟缓，其他约44%的患儿呈双侧末梢导管扩张表现。因此我们建议对于儿童复发性腮腺炎患儿应进行双侧腮腺造影，以免遗漏病变，并且有利于治疗。

儿童复发性腮腺炎患儿的腮腺核素检查显示腺体摄取功能正常，排泄指数降低，排空功能迟缓。无论腮腺造影表现为单侧或双侧末梢导管扩张，但核素检查表明其双侧腮腺的排空功能降低是平行的，说明了儿童复发性腮腺炎多为双侧发病这一特点。

（二）成人复发性腮腺炎

儿童复发性腮腺炎到青春期后仍未痊愈，则为成人复发性腮腺炎。临床上表现为腮腺反复肿胀，涎腺造影可见末梢导管扩张表现。这种患者有幼年发病史，追踪观察可见临床发作时间随年龄增长逐渐变短，间隔时间变长，涎腺造影中末梢导管扩张的数目逐渐减少。

（三）慢性阻塞性涎腺炎

慢性阻塞性涎腺炎可发生于腮腺或颌下腺，可因导管口狭窄、导管前段狭窄、涎石、异物等引起。少数患者可伴有泌尿系统或胆道结石，可能与全身代谢有关。临床上的典型症状是进食时腺体肿胀，检查时可见腺体肿大，有些可触及粗硬的导管呈索条状，导管口可有脓性或混浊的分泌物。

涎腺造影的主要表现是导管系统的扩张不整，首先表现为主导管扩张，瘢痕形成可呈腊肠状；逐渐波及叶间及小叶间导管，晚期也可以看到末梢导管扩张，即“点扩”的征象。这种所谓的“点扩”征象可能是一些扩张的叶间、小叶间导管的横断面影像；也可以是由于扩张导管内的唾液沉淀物造成的造影剂充盈不全表现；另外组织学观察也的确看到一些小叶内导管扩张的表现。邹兆菊等报告92例慢性阻塞性腮腺炎病例，将其涎腺造影表现分为4型：Ⅰ类表现为自导管口开始扩张不整，或仅累及叶间导管；Ⅱ类表现为主导管前部正常，近腺门前一段开始扩张不整，累及叶间、小叶间导管或伴“点扩”；Ⅲ类表现为自导管口开始扩张不整，累及叶间、小叶间导管或伴“点扩”；Ⅳ类表现为自导管口开始扩张不整，累及叶间、小叶间导管，末梢导管扩张，部分腺体呈萎缩状。这一分类对指导临床进行治疗具有重要意义。

（四）涎腺结核

涎腺结核为结核杆菌感染所致，近75%的患者无家庭或个人结核病史。涎腺结核发生在腮腺者较多见，临床上分为慢性包块型和急性炎症型两种，少数病例可伴有面瘫。当病变局限在涎腺淋巴结内时，涎腺造影呈良性占位性表现，导管移位、弯曲，腺体充盈缺损等；当病变组织分解，形成空洞，淋巴结包膜破溃，波及腺实质时，可见团块状造影剂外溢等恶性肿瘤表现（图17-2-174）。

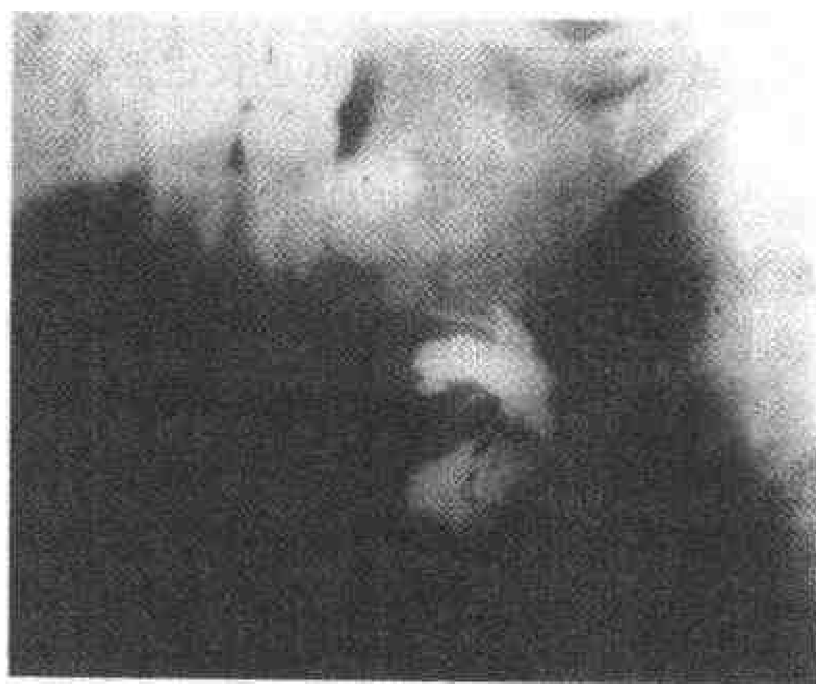


图17-2-174 右侧腮腺结核
涎腺造影可见造影剂外溢，呈恶性肿瘤样表现

五、涎腺肿瘤

涎腺肿瘤包括来自腺上皮组织及结缔组织两类。临床上良性肿瘤多表现为生长缓慢的无痛性肿块，与皮肤或周围组织无粘连。腮腺深叶肿瘤可有咽部异物感，由于位置关系，其活动度较受限。而恶性肿瘤生长较快，有疼痛、麻木等症状，质地较硬，常与周围组织粘连，可有开口受限，皮肤破溃及面神经或舌神经瘫痪等表现。

（一）涎腺造影表现

1. 导管系统 良性肿瘤多表现为主导管受压移位、拉长或屈曲；分支导管移位，包绕肿瘤可呈抱球状，或被肿瘤挤压至一侧呈密集的线束状。肿瘤压迫处的导管近心段由于造影剂的注射压力可有扩张，远心段因腺体分泌受阻也可呈扩张表现。

恶性肿瘤的导管系统表现为排列扭曲、紊乱、粗细不均，导管可突然中断或时有时无，断断续

续，这些表现与恶性肿瘤的浸润性生长特性有关，是恶性肿瘤的一个主要特点。

2. 腺泡改变　腺泡充盈缺损处多为肿瘤所在部位，良性肿瘤周围的分支导管移位，充盈缺损处周围的腺泡多呈过度充盈状态。恶性肿瘤则多表现为腺泡不均匀的充盈缺损，边缘不整齐。

3. 造影剂外溢情况　造影剂外溢主要见于恶性肿瘤，因导管系统及腺泡破坏，造影剂外溢呈点、片状，甚至呈不规则的团块状，这也是恶性肿瘤的一个主要表现。

4. 下颌骨改变　下颌骨后缘可因较大的腮腺良性肿瘤压迫呈边缘整齐的凹陷，这种改变仅占涎腺良性肿瘤的5.6%。恶性肿瘤可见下颌骨的溶骨性破坏，或骨膜致密增厚，但也仅占恶性肿瘤的7.4%。

临界征指涎腺导管中断或造影剂外溢等恶性征与导管移位等良性征象同时存在，多见于一些恶性程度较低或生长缓慢的恶性肿瘤如粘液表皮样癌，腺样囊性癌，乳头状囊腺癌，恶性混合瘤等。有些肿瘤如粘液表皮样癌高分化者、恶性混合瘤、乳头状囊腺癌和腺泡细胞癌等甚至可呈良性肿瘤的表现。

腮腺深叶肿瘤的特点是主导管后段移位变直，腺体后部与升支后缘间距离增大，升支后缘压迫性凹陷，茎突可受压后移；后前位显示翼颌间隙无分支导管分布及腺泡充盈，较大的深叶肿瘤可见侧位片上腺体后上部分支导管受推压向下移位。深叶肿瘤与颈鞘的关系、深叶肿瘤与咽旁肿瘤的鉴别等尚需CT检查来解决。

腮腺腺淋巴瘤的造影表现有一定特点，肿瘤位于腺体后下部，主导管屈曲，肿瘤所在部位及其周围的分支导管排列紊乱、扭曲，并且不规则扩张及狭窄，约半数以上的患者可见末梢导管扩张表现，极易诊断为具有侵袭性的良性肿瘤甚至低度恶性肿瘤。

随着现代影像学检查技术的发展，对于涎腺造影这一传统的检查手段在涎腺肿瘤诊断中的使用价值争议较多，我们认为，涎腺造影只能通过导管移位或腺泡充盈状况等间接征象来判断肿瘤的存在及其性质，直观性差，有其局限性。但这一检查方法简便易行，在我国，特别是在许多基层单位，仍具有其实用价值。涎腺造影与体层摄影、数字减影或CT等技术的结合使用也为提高其诊断能力开辟了新的前景。

（二）CT表现

良性肿瘤多呈圆形、类圆形，界限清楚，边缘光滑，密度均匀，CT值多为30～45H，静脉增强时可达60H以上，皮下脂肪层及腮腺咬肌筋膜等周围组织层次清晰。脂肪瘤的密度与咽旁间隙相近，CT值可低达-100，边界清晰，根据CT表现可明确诊断（图17-2-175）。

恶性肿瘤形态不规则，界限不清楚，内部密度不均匀，皮下脂肪及腮腺咬肌筋膜及周围肌肉层次消失或模糊不清，有些还可以看到颞骨岩部或乳突的骨质破坏。

低度恶性肿瘤或部分具有局部侵蚀性的良性肿瘤表现为界限清楚，但边缘呈分叶状或不规则，内部密度均匀或不均匀。

CT检查能明确显示肿瘤的范围，显示肿瘤与周围组织结构如咬肌、翼内肌、胸锁乳突肌等的关系。腮腺深叶肿瘤和咽部肿瘤的鉴别是CT检查的一个优点，临床上腮腺深叶肿瘤手术采用口外人

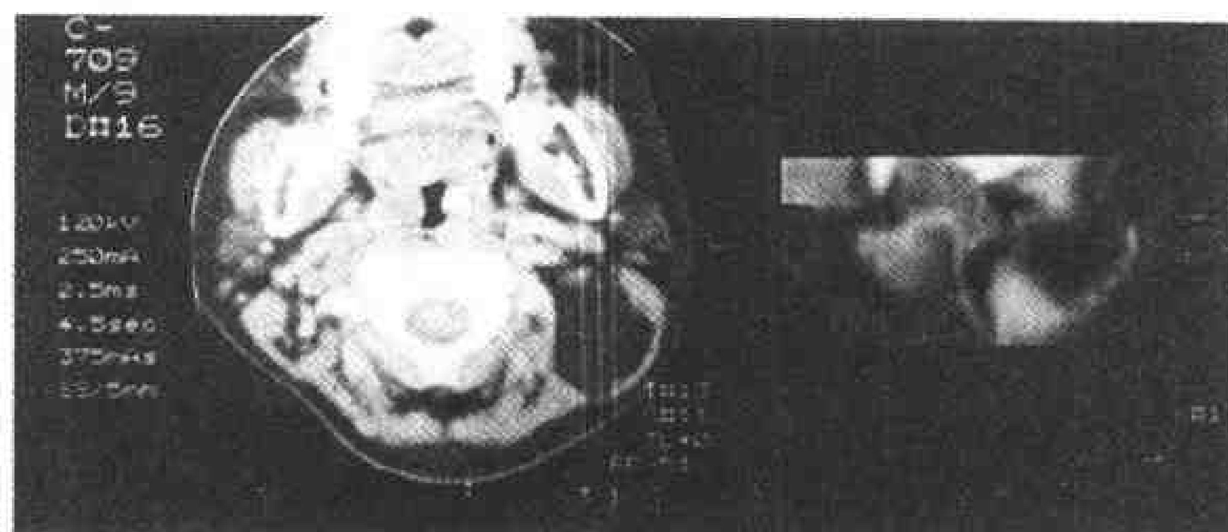


图17-2-175　左侧颈部脂肪瘤
左侧颈部病变密度与咽旁间隙相近，CT值低达-106HU，边界清晰。右图为矢状位重建相

路，而咽旁肿瘤手术多采用口内人路，因此，二者的鉴别十分重要。腮腺深叶肿瘤时，由咽旁间隙所形成的透明带位于肿瘤与咽缩肌之间，而在咽旁肿瘤时，咽旁间隙透明带位于肿瘤与腮腺深叶之间。

腮腺深叶肿瘤突向咽旁间隙时，距离颈内动、静脉较近，术前需要了解肿瘤与颈鞘的关系。多层动态增强扫描可以清楚地显示颈内动、静脉，为手术适应症的选择和手术方案的确定提供重要依据。在多层动态增强扫描中可见颈内动、静脉与肿瘤有下列4种位置关系：①血管与肿瘤之间有腮腺组织或脂肪间隙相隔，提示未受侵犯；②血管位置、形态正常，但与肿瘤紧邻；③血管被肿瘤推挤移位；④颈内静脉较健侧细窄，这是由于静脉血管壁较薄，肿瘤挤压所致。

（三）B超表现

良性肿瘤多呈圆形或类圆形，边界清楚，光滑，内部回声均匀，后方回声多增强。这与良性肿瘤瘤细胞排列致密、均匀、间质少、少有出血及坏死等组织病理学表现有关。

低度恶性肿瘤形态多呈分叶状，边界清楚，但不光滑，内部回声不均匀，可见少量簇状强回声，即聚合在一起的数个强回声光团。这种声像图表现的组织病理学基础是肿瘤组织的变性坏死，间质中纤维成分丰富而且排列杂乱，形成多数声学界面。

恶性肿瘤形态不规则，边界不清楚，内部回声高度不均匀，可见多数簇状强回声或靶样回声，有时可见后方声影。靶样回声指在强回声区周围有低回声晕环围绕，与组织病理学检查对照观察发现其形成基础是肿瘤中心大片变性坏死，仅剩纤维网架，组织结构松散，其周围组织结构仍较致密，尚未发生变性坏死。少数恶性肿瘤如淋巴瘤、转移性肿瘤可呈良性肿瘤表现。

腺淋巴瘤多呈类圆形，边界清楚，光滑，内部回声多呈网格状，即低而不均匀的回声区被线状强回声条索分割成粗大的网格，后方回声多增强。这一声像图表现与其多数小囊腔中有上皮乳头突人的组织病理学特点有关。

（四）磁共振成像

磁共振成像可根据临床需要直接显示任意切面的图像，无放射性损害，不需要注人造影剂；但扫描时间长，费用相对昂贵；一般适用于肿瘤范围较广泛、侵犯多个组织器官者，或对碘制剂过敏，有心血管疾病，静脉注射增强剂有一定危险者，可直接了解肿瘤与颈内动静脉等大血管的关系。

（五）核素显像

根据涎腺肿瘤的核素摄取程度，将其分为三类：①冷结节，指肿瘤所在处的核素摄取明显低于周围腮腺组织，可见于各类病变，表明冷结节无特异性；②温结节，肿瘤所在处核素摄取与周围腮腺组织相似；③热结节，肿瘤所在处核素摄取明显高于周围腮腺组织，多见于腺淋巴瘤及嗜酸性腺瘤。除腺淋巴瘤和嗜酸性腺瘤外，核素显像检查对多数腮腺肿瘤的诊断缺乏特异性和敏感性，应用价值不大。

六、舍格伦综合征

舍格伦综合征（Sjogren's syndrome）是一种以外分泌腺损害为主的自身免疫病，以涎腺和泪腺的损害最为明显，常见的临床表现有口干、眼干。舍格伦综合征可累及全身多个系统和内脏，血清中出现大量自身抗体，因此是一个伴有多系统损害的系统性自身免疫病。本病可分为原发性和继发性舍格伦综合征两组，它们在临床表现、自身抗体和HLA-DR分布等方面不尽相同。具有口干、眼干，不伴有结缔组织病者为原发性，口干或（和）眼干伴有其他结缔组织病者为继发性，常见的结缔组织病包括类风湿性关节炎、系统性红斑狼疮、硬皮病、多发性肌炎/皮肌炎等。舍格伦综合征多见于中老年女性，据国外一些报告，在老年人群中患病率为3%～4%。国内张乃峥等报告16岁以上的人群中，根据哥本哈根诊断标准的患病率为0.77%。

（一）涎腺造影表现

涎腺造影表现是舍格伦综合征诊断的重要依据，根据邹兆菊分类方法，将其分为4型。

1. 腺体形态正常，排空功能迟缓　功能正常的腮腺，在正常的腺泡充盈状态下，经酸刺激5分钟后，造影剂应当能够完全排空。舍格伦综合征患者的腺泡组织为淋巴细胞所取代，早期虽尚未引起形态学改变，但分泌功能已受到影响，出现排空功能迟缓的表现，这是舍格伦综合征的主要造影表现之一。

2. 涎腺末梢导管扩张　这是舍格伦综合征较典型的造影表现，一般分为4期：①点状期：末梢导管呈弥漫、散在的点状扩张，直径小于1mm；

②球状期：较重的病例，末梢导管扩张呈球状，直径1~2mm；③腔状期：更严重的病例显示为末梢导管球状扩张影像融合，呈大小不等、分布不均的腔状；④破坏期：在病变晚期，周围的导管及腺泡被破坏，不能显示，造影剂进入腺体分隔和包膜下。

对末梢导管扩张的形成原因，有人认为是小叶间导管狭窄引起后座压力，导致小叶内导管扩张；也有人认为在病变早期，小叶内导管就已经发生病理性改变，管壁结缔组织中的网状纤维及胶原纤维断裂，管壁变弱，造影时注入的造影剂在注射压力的作用下外渗至管周组织中，在油性造影剂的表面张力作用下，形成"点扩"的征象。

我们认为无论用油性或水溶性造影剂，舍格伦综合征的造影表现都可显示为末梢导管扩张的表现，有些则显示为造影剂雪片状外渗的表现，这是病变处于不同发展阶段的表现。术后标本的镜下观察既可以看到小叶内导管的扩张，也可以看到管壁胶原纤维的变性、断裂现象。

除末梢导管扩张外，还可以看到某些主导管改变，一种是由逆行感染引起的主导管扩张，呈腊肠状；另一种是主导管边缘不整齐，局部增宽，呈羽毛状、花边状，甚至葱皮状，这是由于导管上皮完整性丧失，管周结缔组织变性、断裂，造影剂注入的压力使造影剂外渗所造成的，在排空片上，可看到造影剂向管周组织扩散的现象。此外，有些患者可见腺体内有局部充盈缺损，为腺内导管上皮或肌上皮增生，致使小导管阻塞，造影剂无法通过而形成。

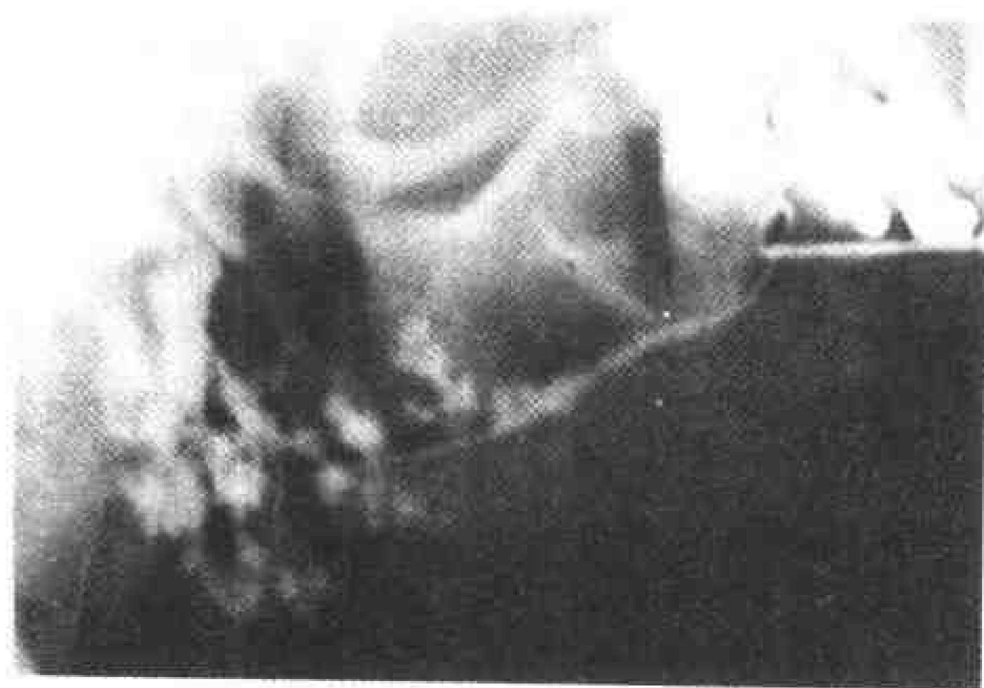


图17-2-176 舍格伦综合征
左侧腮腺造影示腺体呈向心性萎缩表现

3. 向心性萎缩 表现为仅有主导管和某些叶间导管显影，末梢腺体组织不显示（图17-2-176），这种表现多为晚期病变，腺体组织大部被破坏，代以淋巴组织。

4. 肿瘤样改变 可呈良性肿瘤改变，即分支导管移位，腺泡充盈缺损；或呈低度恶性肿瘤改变，甚至可表现为恶性肿瘤。涎腺造影与组织病理学检查的对照研究表明，局部腺小叶融合，失去小叶外形，形成的包块无被膜包绕，形成了涎腺造影中的占位性表现；镜下观察局部腺体破坏、消失，代以淋巴组织，小叶间结缔组织增生，其中也有淋巴细胞浸润。涎腺造影呈恶性肿瘤表现者，病理学检查证实多为恶性变表现。

（二）核素功能测定

与涎腺造影的对照研究表明，造影表现较轻者，核素显像显示腺体摄取功能正常，排泄功能迟缓；造影表现为大量末梢导管扩张及结节型者，腺体摄取及排泄功能均低下；造影表现为向心性萎缩型者，腺体摄取及排泄功能极度低下。

（三）B超表现

舍格伦综合征的B超表现为腺体内部回声减低，不均匀（图17-2-177），有些可探及占位性病变。临床总唾液流率降低者，或涎腺造影显示腺体受累程度较重者，B超检查阳性率较高；对舍格伦综合征涎腺B超声像图表现的形成机制研究较少，多认为与腺体内淋巴细胞浸润及小叶内导管扩张有关；与临床总唾液流率或涎腺造影检查相比，B超检查灵敏度较差，其主要优越性在于对占位性病变的检出能力较强。

（四）儿童舍格伦综合征

儿童舍格伦综合征文献报告较少，许多患儿以涎腺肿大为首发症状，临床上易与儿童复发性腮腺炎混淆。但舍格伦综合征患儿多有口、眼干燥的症状及体征，并可有自身抗体阳性等表现。儿童舍格伦综合征涎腺造影多表现为末梢导管扩张，有些则仅表现为主导管边缘不光整，呈花边状或羽毛状，排空功能差；这种主导管的花边状、羽毛状表现的形成原因可能是由于导管上皮完整性消失，周围结缔组织变性、断裂，造影剂在注射压力下使导管薄弱处局限性增宽，甚至外渗进入周围组织中。主导管的这种改变也是鉴别儿童舍格伦综合征与儿童复发性腮腺炎的重要依据。

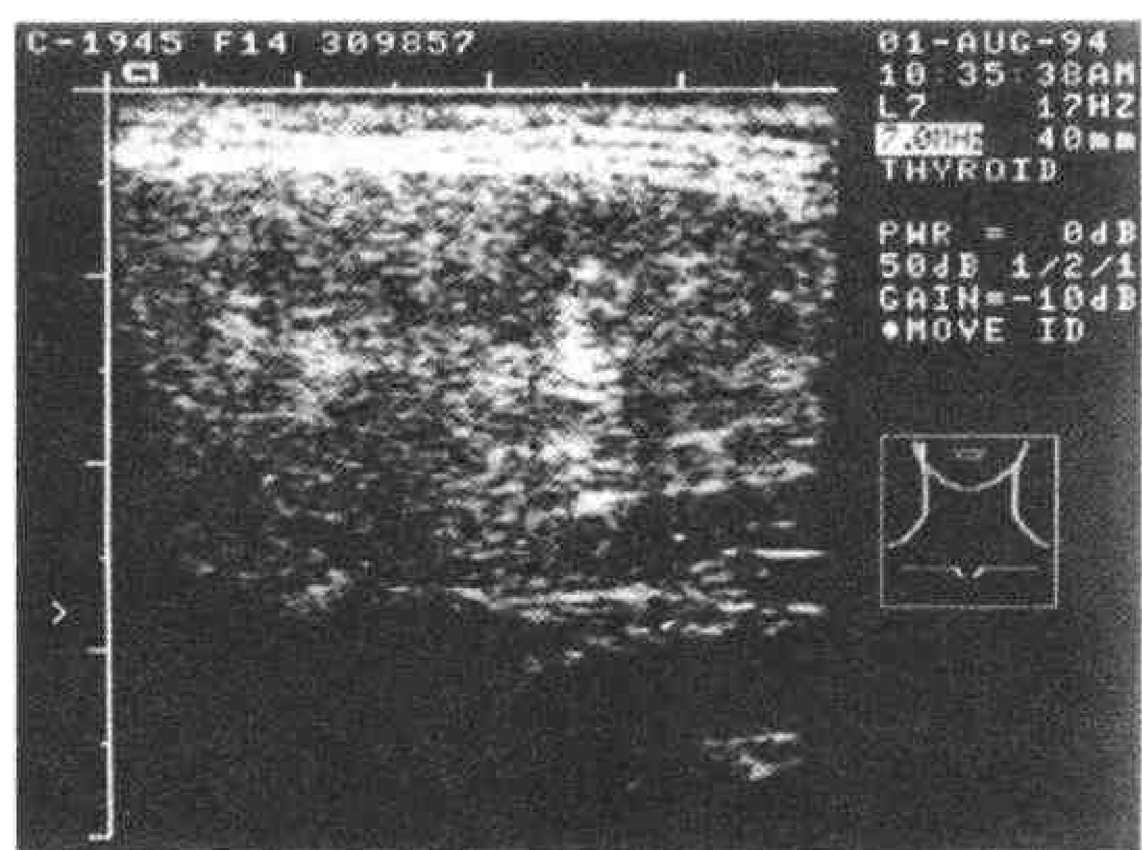


图 17-2-177　舍格伦综合征
腮腺B超显示腺体内部回声不均匀

七、涎腺良性肥大

涎腺良性肥大又称涎腺症，与内分泌失调、营养不良、肝硬化、酒精中毒、服用保泰松等药物、肥胖及高血压等有关。临床多表现为涎腺弥漫性肿大、柔软，局部可有胀感。涎腺造影表现腺体形态多正常，但外形增大；主导管可因逆行感染而扩张；少数患者可有末梢导管扩张点状扩张样表现，但组织病理学研究表明这是叶间导管的横断面影像。B超检查可见腺体增大，回声可增强。

（张祖燕）

第十二节　颌面骨炎症

颌面骨炎症是由于细菌的感染以及物理或化学的因素，引起颌面骨炎症，称为颌面骨骨髓炎。其含义并非单纯指骨髓组织的炎症，而应包括骨膜、骨密质及骨髓等骨组织的炎症。

颌面骨炎症根据病因和临床病理特点不同，可分为化脓性、特异性、物理性和化学性等颌面骨骨髓炎。临床上，以化脓性骨髓炎为最常见。近年来，由于颌面部恶性肿瘤放疗的广泛开展，放射性颌面骨骨髓炎有上升趋势。

一、化脓性颌骨骨髓炎

化脓性颌骨骨髓炎（pyogenic osteomylitis of jaws）。依感染途径可分为：①牙源性：由根尖周炎、智牙冠周炎扩散引起；②损伤性：细菌毒素由损伤创口侵入颌骨引起感染，多见于开放的粉碎性骨折、火器伤；③血源性：因体内某处化脓性病灶经血行播散，引起脓毒血症，再发展成颌骨骨髓炎。

牙源性颌骨骨髓炎临床上最多见，好发于青壮年，常因根尖周炎、智牙冠周炎扩散引起。临床上下颌骨多见，这与局部解剖有关。上颌骨血供丰富，骨质疏松，周围无强大的肌群，炎症易于引流；下颌骨血供较差，颊舌侧有致密骨板、周围有强大的咀嚼肌群，炎症不易引流。按发病过程及病理特点，临床上又分为中枢性和边缘性颌骨骨髓炎。

（一）牙源性中枢性颌骨骨髓炎

牙源性中枢性颌骨骨髓炎（odentogenic central osteomylitis）是由病源牙引起根尖周炎症，未能得到有效的治疗，炎症向周围颌骨扩散，再累及全颌骨的炎症。炎症弥散者称为弥散性骨髓炎。炎症较局限者，称为局限性骨髓炎。但近10多年来，弥散性骨髓炎已不多见，尤其是在医药条件较好的地区更难见到。

根据临床表现分为急性期和慢性期。急性期：全身中毒症状明显，可有发热，患牙疼痛，局部肿胀等临床症状；慢性期：全身症状不明显，局部症状已逐步消退，疼痛、充血、水肿等症状缓解，但

仍有炎性浸润块，瘘管溢脓、开口受限等，有时从瘘管口可探及粗糙骨面，或有小块死骨随脓液排出。颌骨破坏广泛者可引起病理性骨折，面部畸形。

感染进入颌骨后，初期骨髓腔充血、渗出，脓液形成，如及时引流，而不向周围扩散，则炎症局限，称为局限性骨髓炎；反之炎症在骨内扩散，引起骨髓腔压力增大；血管栓塞，炎性渗出引起骨膜掀起，病变区域骨的营养血供障碍，发生骨的坏死。破骨细胞在周围进行吞噬，健康肉芽组织新生，出现死骨分离。而后死骨被排除，肉芽组织新生，机化，成骨细胞活跃，新骨形成，炎症即告痊愈。

【X线表现】 一般在临床症状出现的10～14天后，骨内钙盐丧失30%以上，才能在X线片上出现骨质的改变。由于抗生素的广泛使用，故此型临床已少见，且临床和X线表现常不典型。

弥散型：病变广泛与正常骨质无明显分界，常累及全颌骨。骨质改变主要表现在骨松质、骨髓腔、骨皮质、骨膜几方面。

病变初期骨纹理稀疏、脱钙、模糊不清，继之出现散在的点状骨质溶解破坏区，以病源牙为中心，愈近病源牙根尖，骨质破坏愈明显。随病情的进展，范围逐渐扩大，呈广泛、弥散的，如虫蚀状的骨质溶解破坏的透射影像（图17-2-178），病变区小的脓腔相互融合，形成大的脓灶，可出现小块死骨。死骨密度高于正常骨组织，是由于：①死骨血运障碍，无代谢过程，无脱钙。②死骨周围低密度的脓液和肉芽组织与高密度的死骨形成鲜明对比。骨皮质吸收变薄，锐利度、致密度下降或连续性中断，严重可致病理性骨折。炎症继续发展时，脓液聚积骨膜下，将骨膜掀起，并刺激骨膜内层成骨细胞活跃而出现骨膜新生骨，在骨密质表面呈密度增高的分层状致密影像。

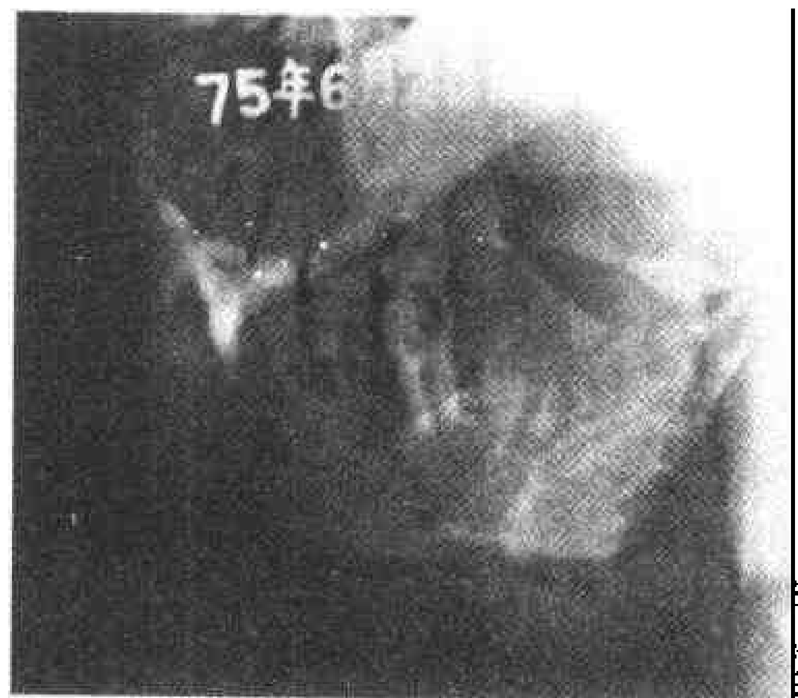


图17-2-178 牙源性中枢性颌骨骨髓炎（弥散型）
右下颌骨体及升支骨质广泛溶解呈“虫蚀状”，病变区内见小块死骨

病变转入慢性期后，可见骨质破坏范围较炎症初期局限，与正常骨质边界清，病变周围可见骨纹增粗，骨髓腔变小，骨质密度增高。病变中心可见小块或大块死骨，后期可出现骨质的修复和新骨形成。新骨与正常骨形态不同，骨小梁增粗，数目多，排列紊乱。如病变范围广泛，骨质溶解破坏严重，则可能发生颌骨变形或病理骨折后错位愈合。

颌骨感染炎症的过程是动态发展变化的过程，不同时期拍片可出现多种不同X线征象。有时在一张X线片上可同时看到骨质溶解破坏，死骨形成，骨膜反应，新骨形成等多种征象，也可能仅见其中一、二种征象。

局限型：发生于上颌者表现为局部牙槽突的破坏。发生在下颌者可局限在下颌的某一部位，表现为一个或几个局限的骨质破坏灶，边界清楚，病变中心可见层状死骨，周围可见骨质增生硬化，有的出现骨膜反应（图17-2-179）。

【鉴别诊断】 ①中央性弥散型颌骨骨髓炎应与中央性颌骨癌鉴别：二者均可见颌骨内广泛的骨质溶解破坏区，与正常骨组织无明确分界，但后者病变与病源牙无关，或无病源牙，周围骨质无增生硬化，无死骨形成，骨膜反应少见。②中央性局限型颌骨骨髓炎应与颌骨继发癌，如牙龈癌鉴别。后者在X线片上表现为从牙槽突向下的倒凹状、弹坑状骨质破坏区，有边界但不规则，不整齐，牙齿可无疾患，悬浮、游离于软性的肿瘤组织中，无周围骨组织增生硬化，也无死骨。

（二）牙源性边缘性颌骨骨髓炎

牙源性边缘性颌骨骨髓炎，病源主要为智牙冠周炎引起颌周间隙感染，特别是嚼肌间隙的感染。脓性渗出物聚积在骨膜下，形成骨膜炎、骨膜下脓肿；脓液与骨密质接触，使其凹陷吸收，溶解破坏，进而累及骨松质。虽然骨膜的分离切断了皮质骨边缘的营养血供，但颌骨中心的下牙槽血管仍正常供血。所以边缘性颌骨骨髓炎骨质溶解破坏程度较轻。脓性分泌物刺激骨膜形成骨膜下成骨。

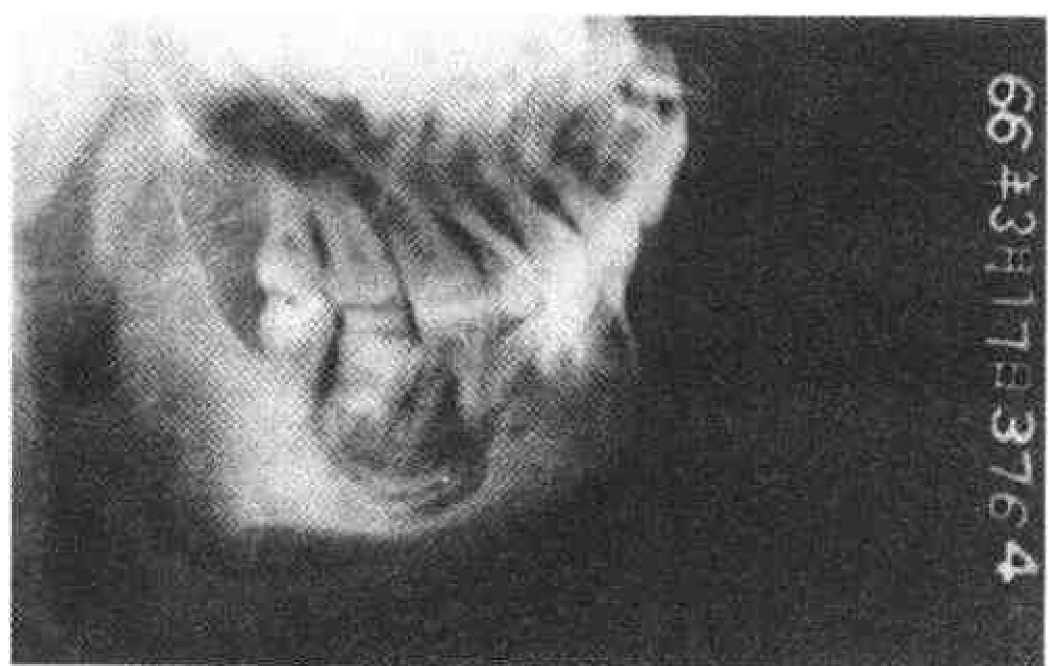


图 17-2-179　牙源性中枢性颌骨骨髓炎（局限型）

$\overline{|67}$根尖区颌骨溶解破坏，边界清楚，病变中心可见层状死骨，病变区远中可见骨质增生硬化，下颌下缘见骨膜反应

【X线表现】　主要表现为骨质增生，因骨膜成骨故骨密质表面有增生的骨质。在侧位片上则可见弥散的骨密度增高区，其中也可见散在小区域的骨质破坏密度减低影、很少见到死骨形成。下颌后前位片则可见下颌支骨密质表面有呈条状、片状或分层状的骨质增生，边缘清楚但不规则，同时常伴有面颊部软组织肿胀。发生于下颌骨体部病变可见骨密质表面有不同程度隆起的界限清楚的骨质增生影（图 17-2-180）。

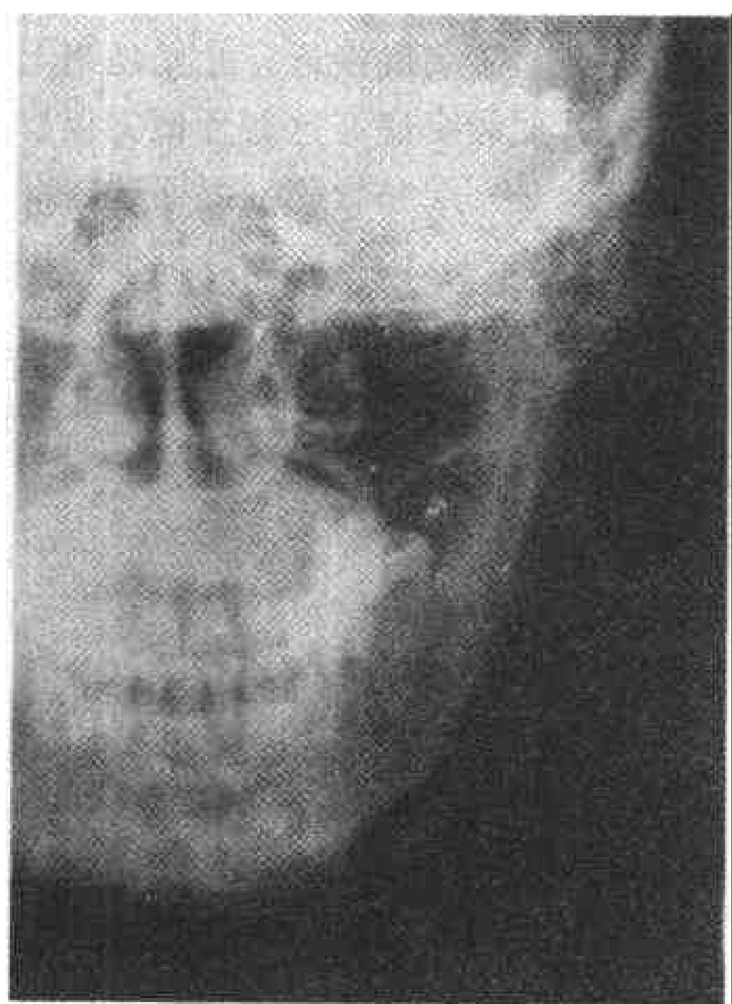


图 17-2-180　牙源性边缘性颌骨骨髓炎
右下颌升支外侧骨皮质不光滑、不连续，骨膜反应明显，可见软组织包块影像

【鉴别诊断】　边缘性颌骨骨髓炎的骨膜增厚和骨质增生应与成骨肉瘤鉴别，后者的骨膜增厚常与骨皮质表面垂直，呈“放射状”或“毛刷状”，骨质溶解破坏的范围广泛，有肿瘤骨形成和向外突起的软组织肿块。边缘性颌骨骨髓炎骨质破坏程度较轻。

（三）婴幼儿颌骨骨髓炎

婴幼儿颌骨骨髓炎多为血源性或接触性感染。病源菌多为金色葡萄球菌。感染途径可由远处化脓性病灶如脐带、皮肤疖肿等感染播散所致；或因近处的感染如泪囊炎等引起；或由于母亲患化脓性乳腺炎，哺乳时病菌经患儿口腔粘膜损伤处直接感染。多见于上颌骨。起病急骤，患儿常有发热，白细胞升高等全身症状。局部可见眶下区肿胀，结膜充血、眼裂变小；口内相应部位的龈颊沟和硬腭粘膜可出现红肿。患病年龄愈小，全身症状愈严重，这类患者多数都到儿科求治。

【X线表现】　由于婴幼儿上颌窦发育不完全，尤其是新生儿上颌窦尚未发育，骨质矿化程度低，颌骨内有许多钙化程度不同的牙胚影像，摄片难以合作，故所拍X线片效果难以令人满意，应仔细观片。在华特位片上，将左右两侧的解剖标志作细致的对比分析，可发现病变侧眼眶下缘骨密度减低欠清晰，颧骨和颧牙槽嵴的边界不清楚，甚至有的不连续或凹陷缺损，说明有骨质破坏，甚至可见淡薄的游离死骨片，整个患侧上颌骨形态边界不清，密度比正常侧减低（图 17-2-181）。

（四）下颌骨弥漫硬化性骨髓炎

下颌骨硬化性骨髓炎有局限性和弥散性之分。局限性病变范围较小，只限于 1～2 个牙的根尖区，



图 17-2-181 幼儿颌骨骨髓炎
左眶下、颧牙槽嵴、颧骨骨质溶解破坏，有一块死骨分离

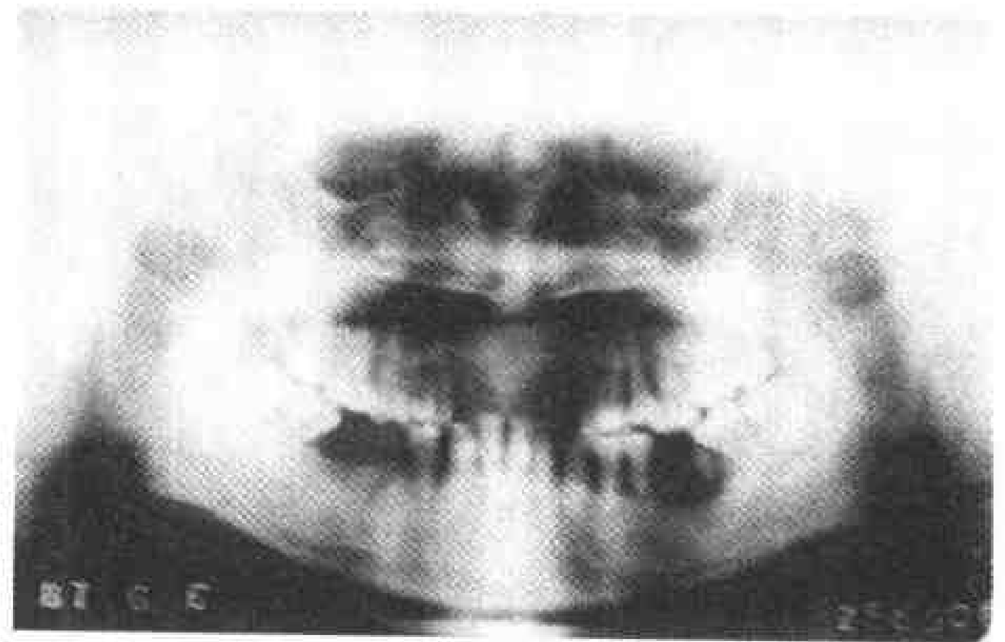


图 17-2-182 下颌骨弥漫性硬化性骨髓炎

亦称为致密性骨炎。有明确的病灶牙，拔除病源牙后可恢复正常。弥漫硬化性骨髓炎不同于一般慢性骨髓炎，既无脓性分泌物，也不形成瘘管，有多个不同的名称。Thoma1944 年曾首次报道这种类型的骨髓炎，应用了骨化性骨髓炎的命名。后来又有人称为干性骨髓炎、原发性慢性骨髓炎、骨反应过度增生等。病因尚不明确。有人认为是由低毒性感染引起，但无法解释很多病例细菌培养阴性。1982 年 Jacobssen 等作厌氧菌培养，发现痤疮丙酸菌和中间型消化链球菌在一些病例中是重要的病因。他们认为此病可能为牙源性的轻度感染造成，细菌很可能通过根管感染而影响骨组织和血管系统。慢性疾病可解释为由内源性感染和激发机体的免疫反应。本病多见于成年女性，病变广泛，可累及整个下颌骨。临床以反复的疼痛肿胀为特征。病程迁延，反复持续，抗炎效果差。常累及下颌下缘及骨密质，呈慢性增生性炎性改变。

【X线表现】 依病变的不同阶段，X线表现不同。早期病变特别是年轻患者可表现为下颌下缘轻度的低密度区与致密区相混存，骨膜成骨。有时在下颌体和角部有局限性骨密质缺损、硬化，也可侵犯升支及髁突。这种侵犯在少数病例可在 1～2 年内自发性消失。或在数年的过程中进展缓慢。年轻患者可有下颌体积增加，厚度增加，也可因骨膜成骨使下颌骨体积轻度增大。年龄较大的患者，则表现为下颌骨体积缩小，特别表现为下颌角消失或变平坦。病情加重时，可出现溶骨性破坏。临床症状缓解时溶骨改变缩小甚至消失（图 17-2-182）。

【鉴别诊断】 主要应与 Garre 骨髓炎鉴别。因 Garre骨髓炎也是一种非化脓性慢性弥漫性炎症过程。有人将其与弥漫性硬化性骨髓炎看作是同一种疾病。但实际上两者是截然不同的疾病。Garre 骨髓炎有骨膜硬化和骨膜反应性骨质增生和大面积硬化改变，而无骨内膜反应，主要发生于小儿和青少年，有明确的病灶牙。通常表现为颊侧硬性肿块，多数情况无疼痛。但有人认为发生于小儿时期的 Garre 骨髓炎可发展成为弥漫性硬化性骨髓炎。

此外还应与边缘性骨髓炎及毛玻璃型骨纤维异常增殖症鉴别。

（五）牙源性上颌窦炎

牙源性上颌窦炎由于上颌第一、二磨牙和第二前磨牙的根尖与上颌窦底接近，尤其是当上颌窦气化发育较大时，上颌窦底与这些牙根尖仅有薄层骨壁相隔，甚至只是一层粘骨膜。因而这些部位的患牙根尖因感染扩散，或因根管治疗器械使用不当穿

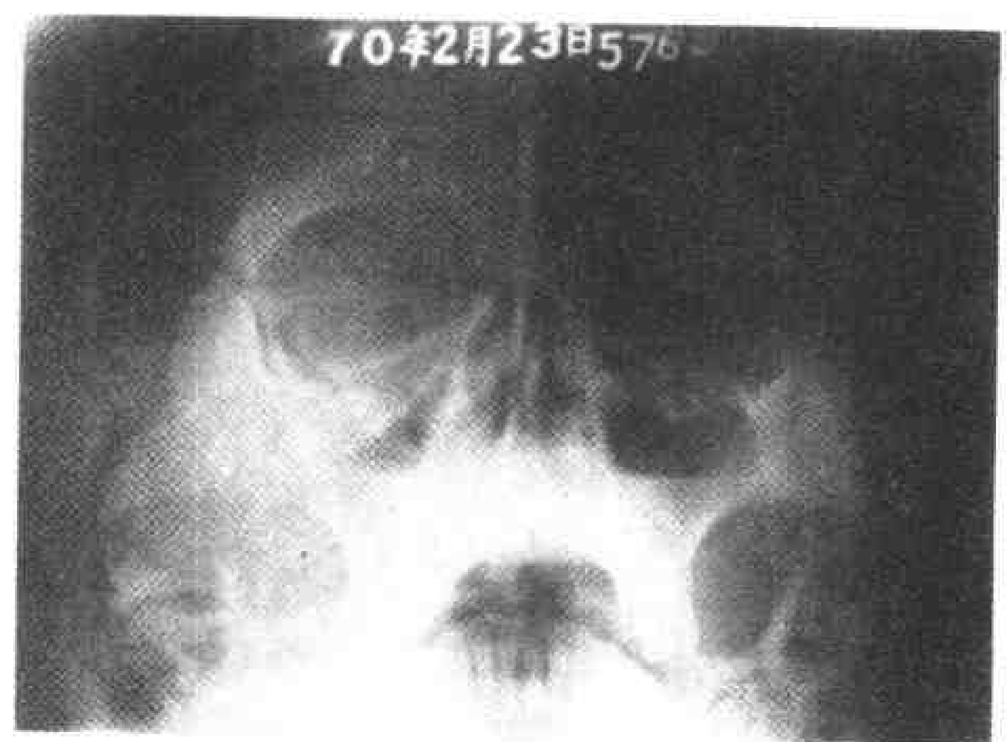


图 17-2-183 牙源性上颌窦炎
左上颌窦昏暗，似有一液平面，右上颌窦有一液平面说明上颌窦积脓

入上颌窦，拔牙时清除牙槽窝时刮通上颌窦底，更有甚者是将断根推入上颌窦而将感染带入窦腔。故牙源性上颌窦炎临床上并不少见。

【X线表现】 华特位上可见患侧上颌窦粘膜增厚，窦腔昏暗，透光区减少，窦壁骨质一般无破坏。病程较长者可见骨壁增厚。立位拍片可见积脓的液平面（图17-2-183）。

二、特异性颌面骨骨髓炎

特异性颌面骨骨髓炎是指由结核菌、放线菌、梅毒等所引起的炎症。多数是引起软组织感染。其中结核病较多见，但引起颌面骨病变者少见，放线菌病更为罕见。近年来由于性病发生率增加，故颌骨梅毒亦应引起重视。

（一）颌面骨结核

颌面骨结核（tuberculosis of maxilla-facial bones）好发于儿童和青少年，常由于身体其他部位的结核菌经血行播散侵及颌骨。少数为开放性肺结核患者痰液中的结核菌经拔牙创面直接侵及颌骨内，或先在口腔软组织形成经久不愈的结核性溃疡，再累及牙槽突侵及颌骨。

结核菌经血循环进入颌面骨骨松质内，引起非特异性反应，产生结核性肉芽组织，即结核结节，随病程进展，结节增大，出现干酪样坏死。周围骨质逐渐溶解破坏，被结核结节和坏死液化后的脓液代替，大量脓液的产生可形成冷脓肿，经皮肤可形成窦道，随后可发生继发化脓性感染。

【X线表现】 好发于下颌角、颧骨骨松质丰富的区域。X线片上可见骨质进行性溶解破坏，与正常组织边界清，但不规则、不整齐。儿童患者骨质稀疏，矿化程度低，颌骨内结核性肉芽组织增生可压迫骨皮质，使其膨隆，形成“骨气鼓”（spina ventosa）（图17-2-184）。成人骨质较坚实，很少出现骨膨隆。病变区内可见细小的死骨形成，也可出现骨膜增厚。但颌骨结核以骨质破坏为主，周围骨质的增生硬化少见。由拔牙创感染者，可见拔牙创经久不愈，周围骨质稀疏，边界不清，继发化脓性感染，也可见周围骨质增生硬化。由牙龈及口腔粘膜感染者，可见牙槽骨或局部呈虫蚀状不规则，骨质破坏，有时有小死骨形成。

【鉴别诊断】 颌面骨结核应与牙源性颌骨骨髓炎区别。发生于颌骨的结核与病源牙无关或无病源牙。发生于儿童时，出现“骨气鼓”则为结核的特征性表现。可形成小块死骨，无骨膜反应，周围骨质增生硬化少见。

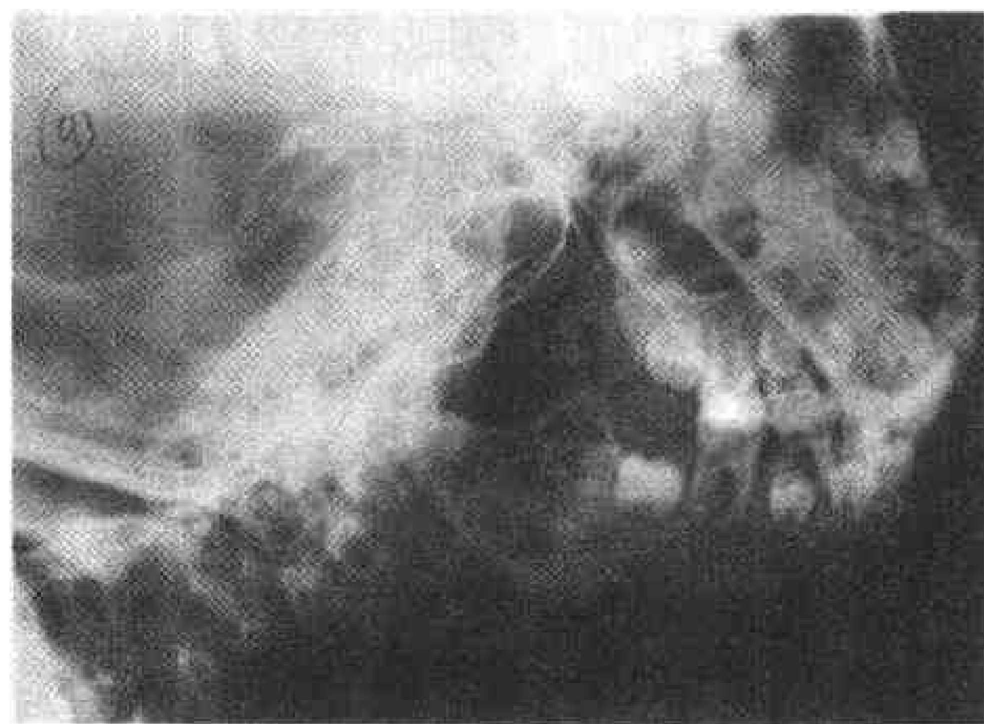


图17-2-184 下颌骨结核
左下颌升支骨质溶解，升支后下
可见骨皮质膨隆形成“骨气鼓”

（二）颌骨放线菌病

颌骨放线菌病（actinomyelitis of the jaws）是由放线菌引起的慢性、特异性感染。临床较少见。放线菌存在于正常人的龋洞、龈袋、扁桃体窝等，当机体抵抗力下降时，通过粘膜、皮肤、拔牙创、智牙冠周炎等途径侵入颌骨，下颌骨较多见。病程长，进展缓慢，病变区局部软组织可呈弥漫性、木板样硬度的浸润块、炎性病灶软化可形成脓液，脓液或肉芽组织中可出现由菌丝形成的黄色小颗粒，称为“硫磺颗粒”系本病特征。

【X线表现】 下颌骨可选斜侧位或曲面体层位检查，上颌可用殆片检查。颌骨放线菌病的主要表现为骨质破坏，周围骨质反应性增生，骨髓腔变小，密度增高，正常骨纹理消失，病变累及骨膜可使其增宽、增厚。病变中心的骨质吸收破坏，影像呈条纹状或窦道状（图17-2-185）。

（三）颌骨梅毒

梅毒（syphilis）是由梅毒螺旋体（tyeponema pallidum）引起的一种慢性传染病，可分为后天性和先天性两种。后天性通常通过性交传染，有时也可因输血、接吻、手术而感染。本病16世纪传入我国，至1964年基本消失，80年代又开始流行。梅毒螺旋体可侵犯任何器官，病程较长。骨受累时可致颌骨损害。患者受感染后体内产生抗心脂质抗体和螺旋体制动抗体。抗心脂质抗体和中心的二磷

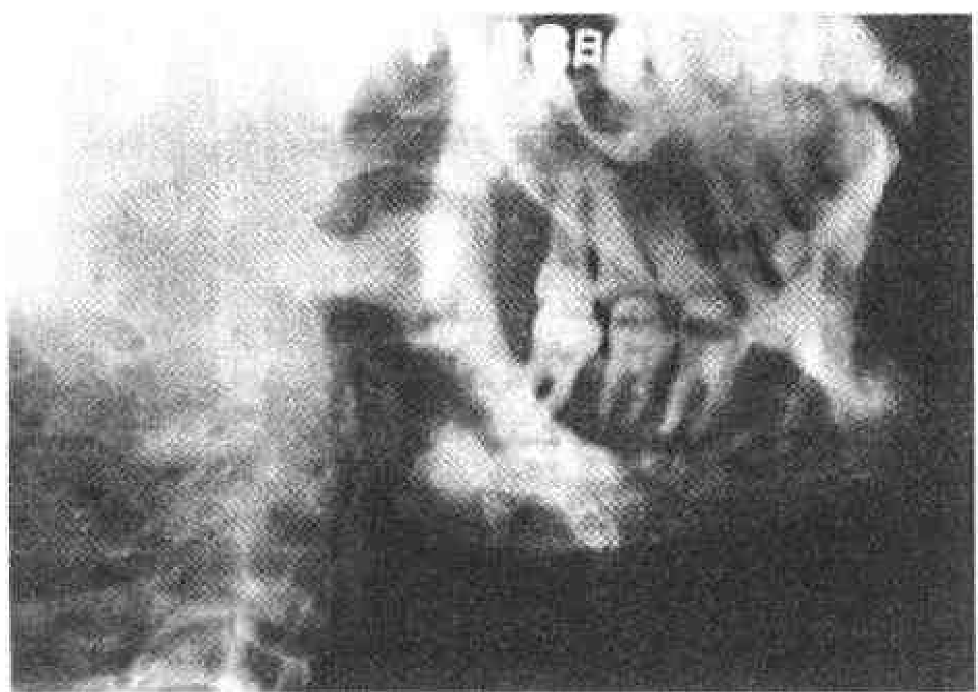


图 17-2-185　颌骨放线菌病
左下颌角及升支前份骨质密度增高$\frac{|}{|678}$，根尖区骨质吸收溶解，升支后缘可见弧形缺损

脂酰甘油起补体结合反应和絮状凝集反应，即血清学检验梅毒的华氏（Wassermann reaction）和康氏反应实验(Kahn's test)。螺旋体制动抗体免疫荧光法可用于血清学诊断和荧光显微镜检查组织内的病原体。

患者感染梅毒螺旋体后可产生细胞免疫和体液免疫。细胞介导的迟发性变态反应使病原体所在部位形成特异性肉芽肿，称树胶样肿，常出现在本病的晚期（第三期）。体液免疫表现为免疫复合物存在，患者可有膜性肾小球肾炎，肾小球毛细血管基底膜有免疫复合物沉积。

病理改变特点为血管周围淋巴浆细胞浸润为特征的，局限性或弥漫性间质性炎症。灶性闭塞性末梢动脉内膜炎，血管壁增厚，小血管增殖。树胶样肿为肉芽肿性炎症，肉眼观察为灰白色或黄白色、结节状，质地坚实有弹性，如树胶样。病灶外周有纤维结缔组织包裹。显微镜检，病变组织内有似干酪样，有上皮样细胞、淋巴细胞、浆细胞、多核巨细胞等，需与结核、真菌感染区别。

后天性梅毒按临床病理过程可分为三期：

第一期：梅毒螺旋体侵入粘膜或皮肤后，经过2～6 周的潜伏期，在感染局部开始发生一个小红疹，继之增大，变为丘疹。丘疹上皮逐渐脱落，形成溃疡。溃疡四周及底部组织变硬，称为硬性下疳，常发生于生殖器和口唇，也可发生于牙龈及硬腭。局部淋巴结肿大。及时治疗可阻止向第二期梅毒发展。

第二期：感染 8～10 周后，大量螺旋体在全身广泛播散，发生梅毒性皮疹，称为玫瑰疹。口腔及阴道粘膜可出现灰白色或淡红色突起的粘膜斑。患者有发烧、厌食、肌酸痛等症状，血液血清学检测呈阳性反应。

梅毒疹不经过治疗，可以逐渐消退，患者陷入隐性梅毒阶段。若经治疗可阻止其向第三期发展。否则多年后将发展为三期梅毒。

第三期：此期受累器官损害严重，最常发生于心血管，其次为中枢神经和骨骼等器官。

颌骨梅毒是由于颌骨或骨膜罹患梅毒树胶样肿病变的结果。以发生于硬腭最多见，其次是上颌切牙牙槽骨、鼻中隔及颧骨。下颌骨以发生于下颌角或前磨牙区的颌骨体部较多。

先天性梅毒（congenital syphilis）：经胎盘、血行感染。受梅毒感染 2～5 年间的孕妇，胎儿的感染率最大。胎儿感染梅毒后，其结果可能有 3 种：①在妊娠 7～8 月死产。②出生后数日至数周内死亡。③出生时无症状，而由梅毒血清反应发现。早发性者，可在出生后不久出现一过性炎症性变化，如在口角部形成丘疹、糜烂，最后形成皱襞样瘢痕。在长骨发生梅毒性软骨炎。晚发性者：一般在 2 岁以后出现骨的损害。可出现鞍鼻及哈钦森（Hutchinson）三联征：①神经性耳聋；②间质性结膜炎；③哈钦森牙（切牙切缘凹陷）和桑椹状磨

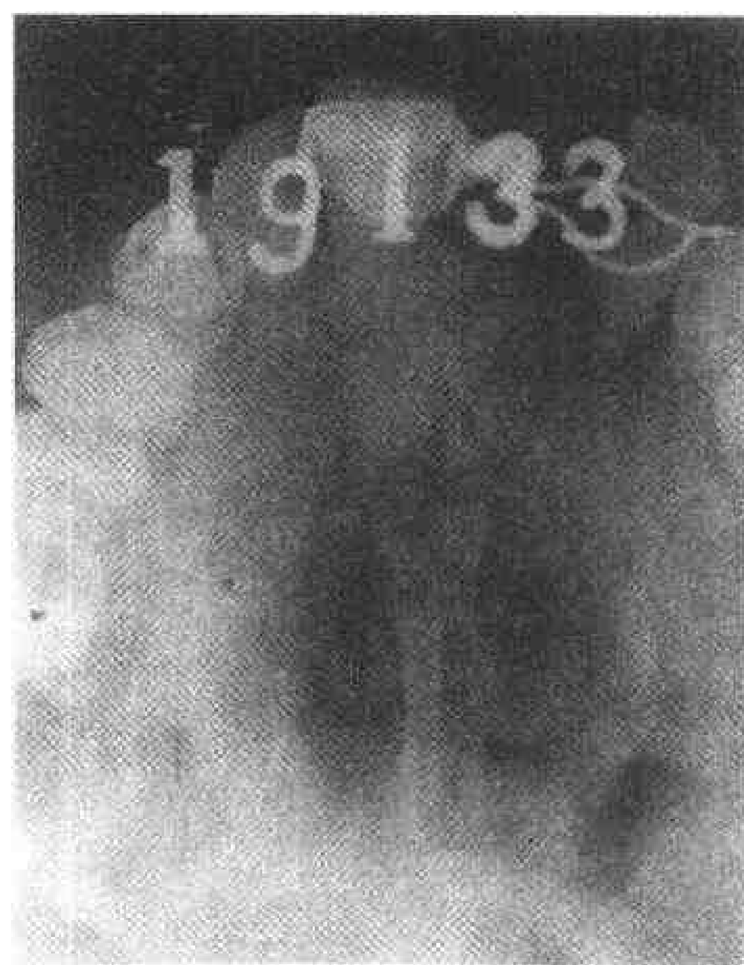


图 17-2-186　梅毒硬腭穿孔
腭中部有约 2cm×2cm 大的圆形骨质破坏并累及鼻中隔前下分破坏

牙（mulberry molar）。

【X线表现】 梅毒性骨损害可形成梅毒性骨髓炎、骨膜炎或硬化性骨炎及树胶样肿骨炎。其中树胶样肿最常见。多位于腭中线，有时原发于鼻中隔，呈结节状或弥散状。树胶样肿软化形成溃疡很快累及底部骨质，不久骨质坏死形成死骨，死骨脱落后口腔与鼻腔穿通，发生腭穿孔，甚至鼻中隔穿孔破坏，可显示硬腭中线部呈圆形洞腔状骨质破坏缺损，破坏范围有的较小，有的较大而广泛弥散（图17-2-186）。严重者同时有鼻中隔、鼻骨破坏即形成鞍鼻。

梅毒性骨髓炎侵犯下颌骨时，其X线表现与化脓性者相似，但密质骨及骨膜受侵犯，呈显著增厚，可见大块死骨及病理性骨折。

三、理化性颌骨坏死

理化性颌骨坏死主要是指由物理因素（放射线等）和化学因素（如化学物质磷、砷、汞等）造成颌面骨的组织坏死，尔后继发感染形成颌骨骨髓炎。

（一）放射性颌骨骨坏死

放射性颌骨骨坏死又称颌骨放射性骨髓炎，是口腔、鼻咽、头颈部恶性肿瘤放射治疗的严重并发症，发病率居全身骨骼的首位。

放射线引起的颌骨坏死与患者的易感性、放射线种类、照射方式和被照射组织的生理特点有关。一般照射剂量越大，放射性骨坏死的发生率越高。一般在0.5～3年左右发病。

关于放射性骨坏死发生的机制至今存在争议。有人认为：放射、创伤、感染为本病发生的三大发病因素。近年来认为创伤和感染并不是放射性骨坏死的必备因素，而是由放射线对骨组织的直接损害造成。少量的放射线使骨细胞活力减低，大量照射可使成骨细胞破坏或消失，骨生长障碍，但破骨细胞仍有存在，骨吸收继续进行，引起骨质稀疏。

临床常伴放射性龋损或牙周炎，有局部疼痛、麻木、口干等症状，继发感染可出现口臭、溢脓、经久不愈的瘘管，大块死骨形成。

【X线表现】 病变发生部位与照射野有关。X线片上可见骨质弥散性破坏，呈斑点或虫蚀状，病变区域出现散在增粗的骨小梁和密度增高的小团块病理性骨沉积。病变区周缘有时可见骨质增生硬化及大小不等、形态不一的死骨，但死骨的形成及分离均较缓慢，大块死骨形成可导致病理性骨折，骨膜对放射线高度敏感，故骨膜反应少见。可伴发放射性猛性龋，多数牙龋坏，残冠或残根，根周、牙周膜间隙增宽，硬板消失，牙槽骨吸收（图17-2-187）。

【鉴别诊断】 ①与肿瘤复发鉴别：恶性肿瘤放疗后复发，骨质破坏范围广泛、发展迅速，并不局限在放射野。②与牙源性颌骨骨髓炎鉴别：主要结合病史，有无放疗史，是否发生在照射野附近。

（二）颌骨化学性骨坏死

化学性骨坏死是磷、砷、汞等引起。

颌骨磷毒性坏死

由于工业、农业、医药及国防上的需要，黄磷的制造和生产应用广泛。磷中毒主要发生于长期从事磷生产的工人，或接触磷毒性化合物的工作者，也可累及居住在磷工厂附近的居民。

黄磷为高毒性物质。当磷进人体内或接触皮肤，引起急性或慢性中毒。急性者以胃肠炎及肝脏损害为主，慢性者以颌骨坏死和营养障碍为主。皮肤接触可引起全身症状。急性中毒可因误吸黄磷而发生，如吸入大量黄磷蒸汽、磷化三氢、三氯化磷等。在使用有机磷杀虫剂不当时也可发生。慢性中毒如：①从磷矿石提取磷；②将黄磷加工为红磷；③含磷染料工业；④制药工业；⑤用于农作物上的杀虫剂制造业；⑥烟花爆竹制造业；⑦火柴工业等。

当黄磷进人机体后，使血磷升高，导致钙磷比值失调，加速体内钙的排除，并进一步导致骨骼脱钙，逐渐引起硬化性骨炎和骨膜炎，由于哈弗管变窄，妨碍骨骼内血液的正常供给，以致发展到坏死。Thorpe实验认为黄磷蒸汽对牙具有溶解作用。黄磷蒸汽或粉尘可溶于唾液，直接作用于牙及牙周，引起龋病和牙周病，骨质破坏甚至畸形。临床表现为口腔粘膜和牙龈充血，暗红无光泽，甚至轻度糜烂。牙周出血、溢脓，侵及牙槽骨，使牙有酸痛、叩痛、松动脱落，咀嚼无力，有蒜样口臭。此外还可有记忆力减退，易疲倦、头昏、失眠等诸多神经衰弱症状；重者全身可出现咳嗽、胸闷、肝区不适、消化不良等症状。

【X线表现】 慢性磷中毒以下颌骨损害为主要特征。常用下颌骨斜侧位和曲面体层摄影。根据国内多篇文献报道和华西医科大学口腔医学院曾根据

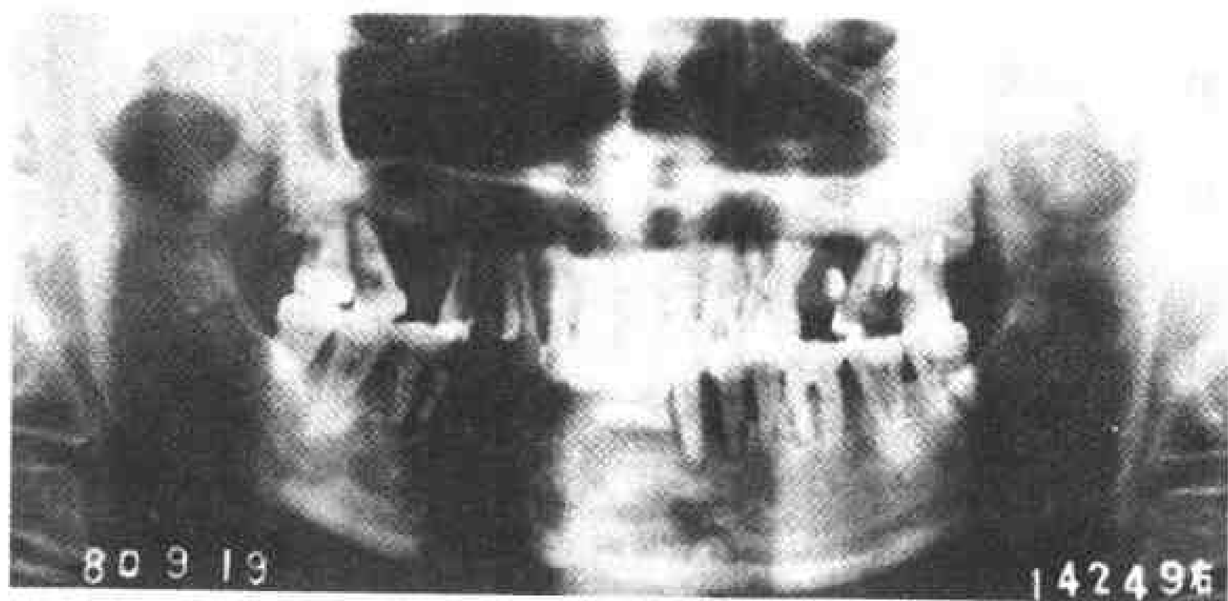
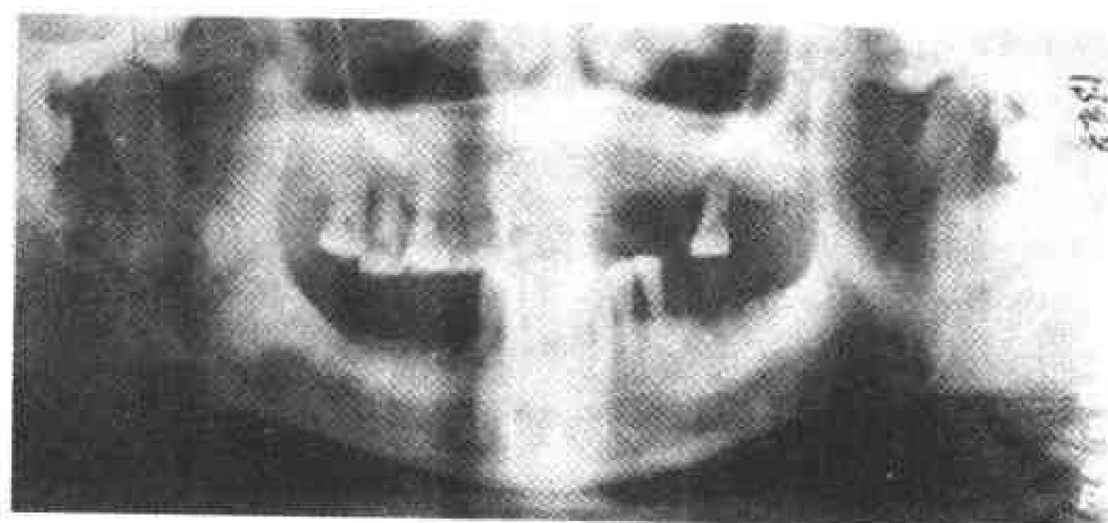


图 17-2-187 放射性颌骨骨髓炎
5|6区颌骨弥散吸收破坏，下颌下缘骨皮质不光滑连续



(1)



(2)



(3)

图 17-2-188 下颌骨磷毒性坏死
(1) 曲面体层片 下颌骨左右侧牙槽骨变致密，骨纹不清 75432|/876|45678 缺失 于黄磷车间工作 10 多年；(2)(3) 右、左下颌骨斜侧位 为同一黄磷作业的患者，工作 8 年多，左右下颌骨体以牙槽骨为主，对称性骨质变致密，8 根尖骨质稀疏，5|45缺失

某工厂从事黄磷作业的 175 例工人的下颌骨 X 线照片的统计分析，未发现严重的颌骨坏疽。慢性磷中毒的诊断标准和分期的标准，是以龋患率、残根数、缺牙数、牙槽骨吸收程度和下颌骨破坏等为主要诊断依据。

下颌骨主要表现为牙槽骨的增生硬化，呈左右对称性的改变。牙槽骨骨纹增粗紊乱，密度增高，骨髓腔变窄。重者骨纹模糊不清、骨髓腔消失，甚至累及下颌骨体，似呈毛玻璃状（图 17-2-188），同时多数牙槽嵴顶有不同程度的水平吸收，少数伴有垂直吸收。多有牙周间隙增宽，硬板模糊不清或消失。但也有少数牙周间隙变窄，硬板增厚。有少

数表现为骨质脱钙稀疏，或小区域的骨质破坏。并可见多数牙有龋病、残根，多个牙缺失，并常伴有根尖周感染。

【鉴别诊断】 首先是有肯定的黄磷接触史和接触的时间以及密切程度。轻者主要是与牙周炎鉴别。牙周炎无牙槽骨增生硬化；重者应与骨纤维异常增殖症的毛玻璃型区别。后者是以颌骨体的病变为主，而磷中毒则是以牙槽突病变为主。

颌骨砷毒性坏死

自1836年Spooner提出用三氧化二砷作为牙髓失活剂以来，临床上应用多年，效果良好。但若使用不当，若封药时间过长，药量过大，或邻面龋封药不严密，或髓底穿通，药物渗出根尖孔或直接与牙龈组织接触可引起牙龈坏死、骨膜炎、骨组织坏死的不良后果。继发感染形成骨髓炎。自80年代后，临床采用多聚甲醛作失活剂以来，本病现已少见。

【X线表现】 病变范围多局限于患牙的牙槽突，有不规则骨质破坏区，周界清楚，可有小块死骨。

（郑广宁　雷荀灌）

第三章　X线CT检查

第一节　基本原理

一、CT成像原理

CT（Computed tomography）是利用X线束对人体欲检部位，例如口腔颌面部，一定厚度的组织，进行扫描，将其穿透过的剩余X线，用检测器（Detector）接收，并转换成光电流，再经计算机运算与储存、图像重建及照相等，获得其断面影像的一种影像检查方法。

二、CT机基本结构

自CT机诞生以来，经过不断的理论研究和开发应用，在成像质量、扫描速度、软件功能和运用范围等方面，均相当成熟，日臻完善。尽管CT机类型多样、功能差别悬殊，但其基本结构组成相似，即主要有扫描装置、计算机系统、图像重建、显示与记录系统等。

螺旋CT（Spiral CT）机，是利用高、低压滑环技术和连续式螺旋扫描技术设计的新型CT机。扫描时，可连续曝光，连续床动，连续采集并实时成像，具有超薄层、快速和不漏层等体积扫描的突出优点，故可实现CT三维成像和CT血管造影成像（CTA），对口腔颌面部疾病的诊断，更直观与准确可靠。

电子束CT（Electron beam tomography）机，是利用电子束扫描人体，快速床移的又一新型CT机，每一层只需50ms的亚秒扫描。因此，可真正实现血管造影电影成像。

介入CT（Interventional CT）机，是将介入放射学和CT技术相结合的一种新型CT装置。在CT扫描定位导向下，对口腔颌面部肿块性病变，穿刺活检、血管栓塞等，对诊断和治疗具有重要价值。

三、CT影像特点

CT影像，实质上是一种数字化成像技术，是由无数黑白程度不一的图点，按解剖结构和病理改变等构成的影像，作为诊断基础的。

（一）体素和像素

CT影像中，黑白灰度不一的图点，实际上是其一定单位组织体积的X线平均吸收系数。该最小单位组织体积，即为体素。而反映最小单位组织体积的黑白图点，称为像素。体素和像素两者是相互依存和关联的。体素越小，像素就越小，最后形成的CT影像就越精细，组织密度分辨率就越高。

（二）矩阵

CT影像的像素，按一定的“格栅状”组合而成阵列形式，即纵横状排列构成，称为矩阵。但实质上这是一种数字矩阵。

CT影像重建，一般常用256×256、512×512，甚至1024×1024等数字矩阵。

（三）CT值

CT影像既然是一种数字成像，故还可对感兴趣区组织进行量化。在CT上，用以测定组织密度的单位，称为CT值。CT值的设定，是以水为0，空气为-1000，骨为+1000，由此可将人体组织从空气至骨组织，分成2000 CT值单元。CT值是一种相对值，而不是绝对值，CT值的单位，称亨氏单位，用Hu表示。口腔颌面部具有高密度的骨组织，中等密度的软组织，低密度的含气窦腔，故有良好的自然对比。

（四）灰阶

CT影像所包含的CT值数量大，肉眼难以识别。只有借助一定的灰度差别，即黑白影像相差16个灰阶时，就可识别了。用16个灰度来等分2000 CT值，即2000Hu÷16＝125Hu，此时每一个灰度含有125Hu。在CT影像上，常有灰阶图尺显示来表示其CT值范围。

（五）窗口技术

CT影像的优劣和对疾病的诊断能力，还与窗口技术运用恰当与否密切相关。为了使两种CT值接近的组织，能够区别，需要对CT影像的窗口技术进行调节。一幅CT影像显示的CT值上下范

围，称为窗宽（Window width）。如窗宽仅用100Hu，16个灰阶中，每一个灰度的CT值是6.25Hu。高于+85Hu者，全部显示为白色，低于-15Hu者，全部显示为黑色，不能肉眼分辨了。

欲详细观察某一组织的细微结构，应以该组织的平均CT值中心来表示，称为窗位（Window level）。在CT影像中，常取中间值作为窗位。如窗宽为100Hu时，其窗位是+35Hu，大于此值，灰阶逐渐变白；小于此值，灰阶逐渐变黑。因此，欲了解软组织细节，应用较窄窗宽和较低窗位；骨组织细节，应用较宽窗宽和较高窗位。否则，可遗漏病变，发生漏误诊。对口腔颌面部来说，常用软组织窗和骨组织窗两种结合，进行CT影像诊断。

第二节 CT检查方法

一、适 应 证

1. 口腔颌面部良恶性肿瘤，特别是位置深在的肿瘤，CT可确定其准确位置、范围、与相邻大血管或神经等结构的关系。

2. 口腔颌面部复杂骨折与关节脱位，CT可了解其类型及程度。利用三维CT成像，有助整形修复手术。

3. 口腔颌面部深在间隙的感染，可确定其部位，蔓延范围及并发症等。

4. 口腔颌面部先天畸形，颞下颌关节疾患和涎腺疾病等的诊断与鉴别诊断。

5. 口腔颌面部肿瘤术后的复查评价。

6. 口腔种植术前设计和术后评价。

二、禁 忌 证

1. 对碘造影剂过敏者，禁忌增强CT扫描。

2. 急性感染者，不宜作涎腺导管造影CT扫描。

三、CT检查分类

口腔颌面部CT检查，主要有5种方法，即平扫描、增强扫描、动态增强扫描、腮腺导管造影扫描、颞颌关节扫描等，并可进一步作三维CT成像。根据病情，选择运用。

四、CT扫描方法

（一）横断位

口腔颌面部CT扫描，常规采用横断位。以眶耳线为基线，一般从基线上方1cm开始，向下8～10cm范围，层厚5～10mm，层间距5～8mm，连续扫描，矩阵512×512。扫描野应包括全部病变区，一般10～12个层面。

（二）冠状位

采用仰卧位或俯卧位。以两侧外耳孔连线为基线，并与眶耳线相垂直，或用定位像划线定层面，从外耳孔后方2cm处起始，向前用层厚与层间距5～10cm，连续扫描，一般约8～10个层面。冠状扫描对口腔颌面部、颅底及相邻颅内外病变的价值较大。

扫描前，应取除头面部金属物，如发夹、项链、耳环、假牙等。无法取除者，扫描层面应尽量避开，以减少伪影的干扰。

扫描中，应嘱病员勿吞咽、说话、伸舌，保持头位固定。婴幼儿或不合作病人，给予镇静或麻醉处理。

（三）增强CT

口腔颌面部病变，尤其是肿瘤性病变，术前或术后检查，常需用碘造影剂增强CT扫描，使肿瘤显示更清楚，并可了解血供及与大血管之间的关系，对鉴别诊断有重要价值。

（四）涎腺导管造影CT

采用碘化油进行腮腺或颌下腺导管造影后，进行CT扫描，可正确判断肿块与涎腺包膜内外的关系，与神经主干的关系。对病灶的准确定位、蔓延范围以及良恶性鉴别等，有重要意义。

（五）动态增强CT

动态增强CT扫描，对直接显示肿瘤的血供丰富程度及与大血管关系，十分重要。分多层动态和单层动态增强CT，使血管内高浓度碘造影剂能比衬出与肿瘤的关系，或在同一层面显示造影增强的时间-密度曲线，来推断肿瘤的血供特性，这对颈动脉体瘤、血管瘤等病变的定性价值较大。

（六）颞颌关节CT扫描

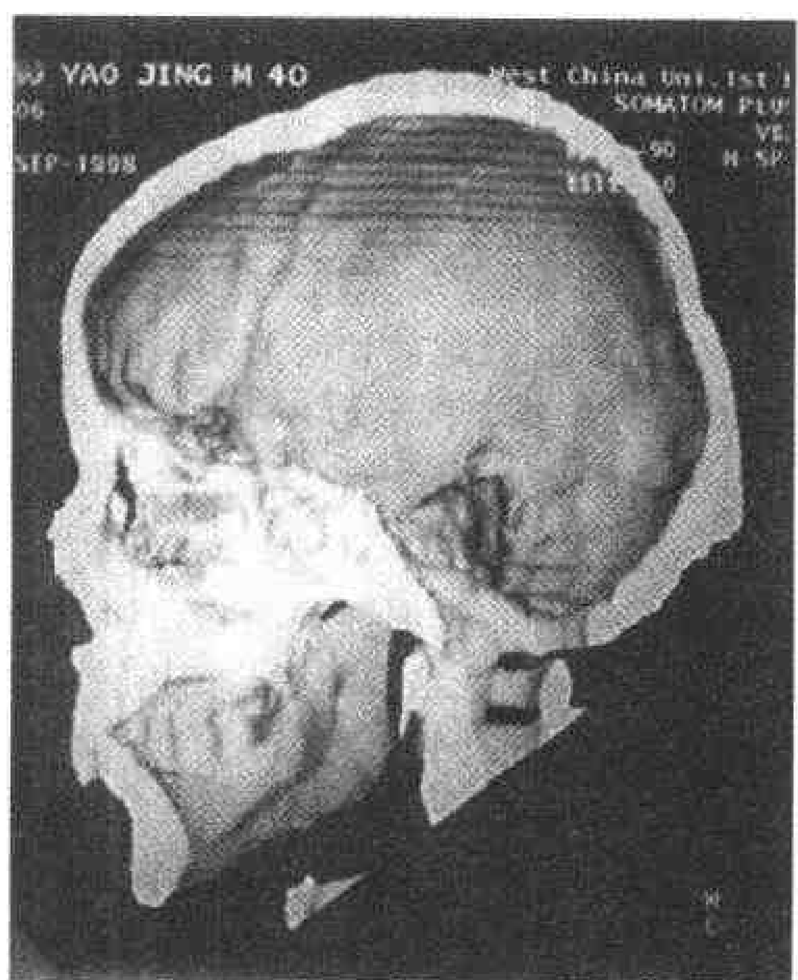
对颞颌关节病变，可采用横断位、冠状位或直接矢状位扫描。亦可在横断位扫描后，再进行冠、

矢状重建像与三维 CT 重建像。还可行关节造影后，采用张口位与闭口位 CT 扫描。对颞颌关节，应采用薄层、高分辨 CT 扫描，使关节结构的影像更清晰。不但可了解解剖细节，还可判断功能状况。三维 CT 成像，更可直观地多方位观察颞颌关节结构，对整形修复有重要帮助。

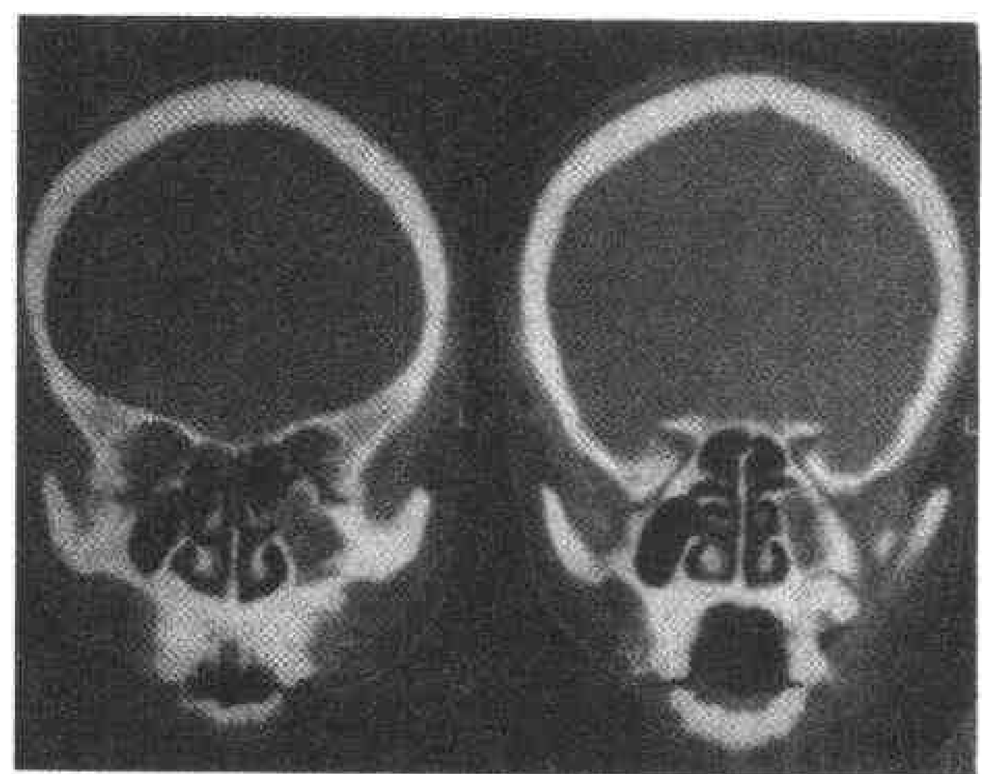
第三节 正常口腔颌面部 CT 表现

一、颅 底

颅底由额骨眶板、筛骨筛板、蝶骨体及蝶骨大



(1)

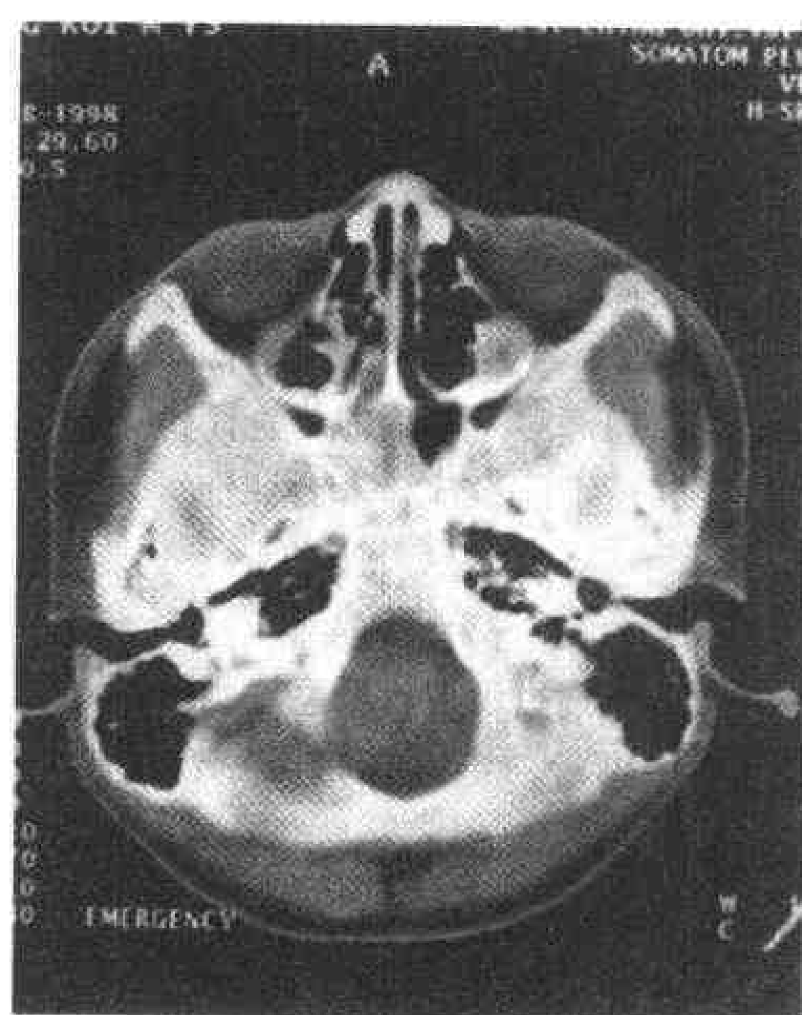


A B

(2)



A



B

(3)

图 17-3-1 正常颅底 CT

(1) 正中矢状重建像，显示颅底前、中、后窝，呈阶梯状；(2) 冠状位，颅底前中窝像 A. 颅前窝 B. 颅中窝；(3) 横断位，A. 颅中窝底骨质 B. 颅中窝底及枕大孔骨质

翼、颞鳞下部、岩锥上后面、枕骨斜坡及鳞部等组成。并由前至后形成颅前窝、颅中窝和颅后窝，呈阶梯状。颅底有许多孔隙，为颅内外神经和血管等之通道（图17-3-1（1）～（3））。

（一）颅前窝

1. 横断位　中央筛板和蝶骨平台较低。鸡冠偏前，呈条状致密影。双侧眶顶上突，呈对称之片状致密影。但如头位不正，两侧常显示不一，不可误为病变。

2. 冠状位　显示中央前方鸡冠，后方筛板及蝶骨平台，两侧较高之眶顶板，均呈线状致密影，比横断位清楚，可消除横断位部分容积效应的影响。

（二）颅中窝

1. 横断位　正中之蝶鞍、前后床突、鞍结节、鞍背清楚。其前方可见视神经管，向前通向眶窝。蝶鞍稍后两旁，为不规则但较对称之破裂孔。其后外侧方的蝶骨大翼内，可见卵圆孔、棘孔等。最前外方为蝶骨嵴，呈弧线状致密影，最后中外方为双侧岩锥上前缘。

2. 冠状位　以经蝶鞍平面之蝶鞍形态、颅中窝底及卵圆孔显示较好。同时，可显示该层面的颅内或颅外解剖结构。增强CT上，海绵窦及颈内动脉影强化对称，结构清楚。

（三）颅后窝

1. 横断位，前方可显示岩锥、内听道，前下外方可显示颈静脉孔、舌下神经孔以及后方正中之枕大孔等。增强CT还可显示强化的窦汇、横窦及乙状窦等。

2. 冠状位，通过枕大孔平面，可显示枕大孔，C_{1-2}椎骨与关节，脑干与颈髓相续表现。

必须强调指出，观察颅底骨质及孔隙结构，应采用骨窗像或高分辨率CT骨算法薄层像，方更清楚。

二、鼻　窦

鼻窦是口腔颌面部的重要组成部分，由鼻腔周围含气腔隙构成，即上颌窦、筛窦、额窦和蝶窦。鼻窦CT表现，随层面高低或前后而不同。

（一）横断位

1. 在眶耳线以上层面，主要显示额窦、筛窦和蝶窦等结构。额窦位于额骨垂直部内外板之间，并有骨性分隔，左右常不对称。筛窦呈蜂窝状分隔，左右对称。两侧筛骨纸板光整，毗邻眶窝。蝶窦居后，常呈椭圆形，亦可向颅中窝底伸延，呈分叶状。

2. 在眶耳线以下层面，主要显示双侧上颌窦，较对称，偶可有骨性分隔。其两者间为鼻腔、鼻岬及鼻中隔。后方仍可显示蝶窦、鼻咽腔。双侧上颌窦后外方毗邻颞下间隙（图17-3-2（1）～（3））。

(1)

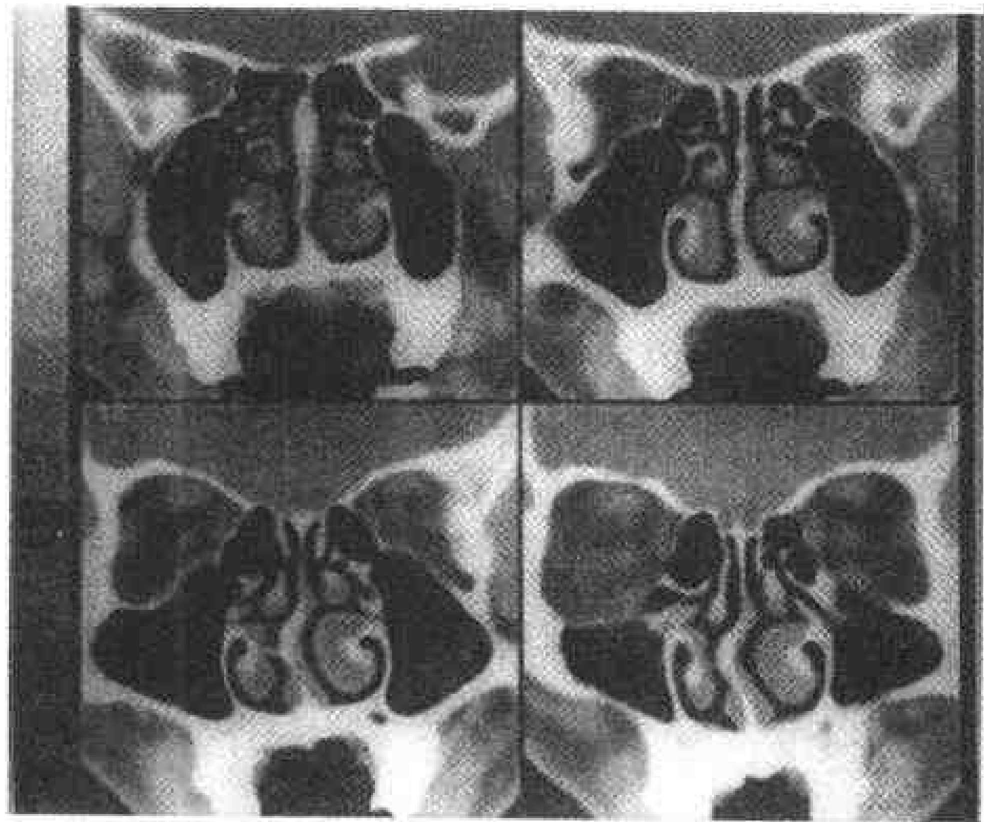
(2)



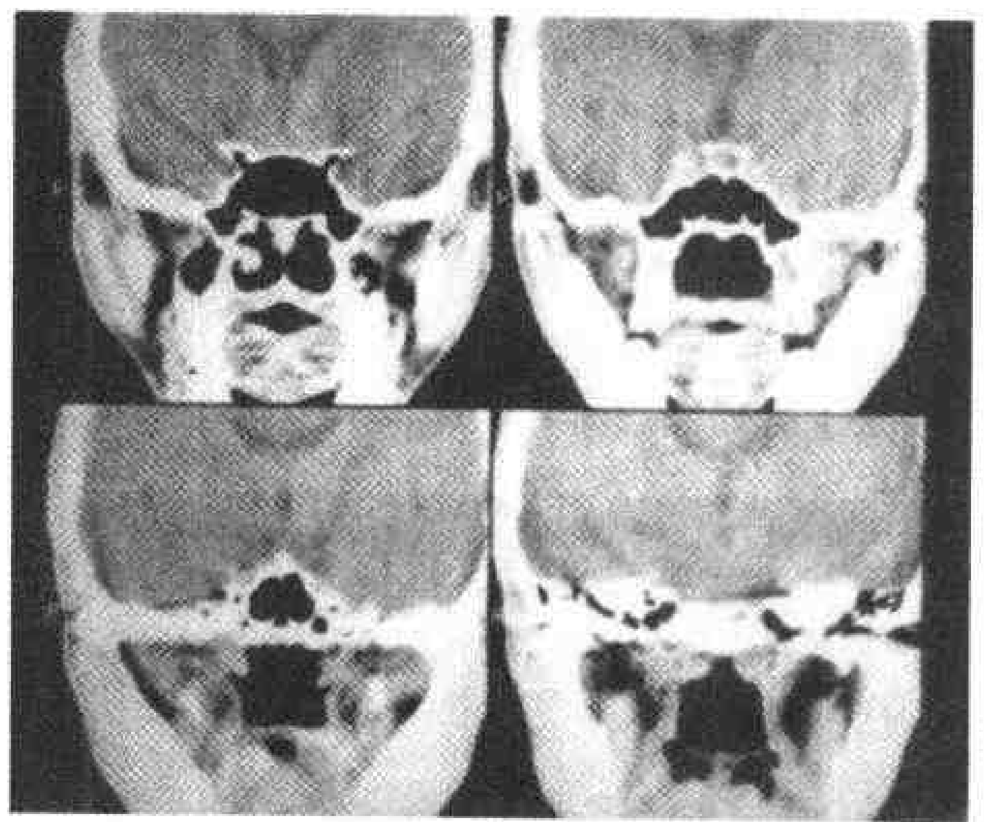
(3)

图 17-3-2 鼻窦（横断位）

(1) 额窦（*）; (2) 筛窦蜂窝及蝶窦; (3) 上颌窦



(1)



(2)

图 17-3-3 (1) ~ (2) 鼻窦（冠状位）

(1) 筛窦、上颌窦及鼻腔; (2) 蝶窦

（二）冠状位

1. 后部层面 主要显示蝶窦，以及上方的蝶鞍，下方的鼻咽腔。两侧为颅中窝底。

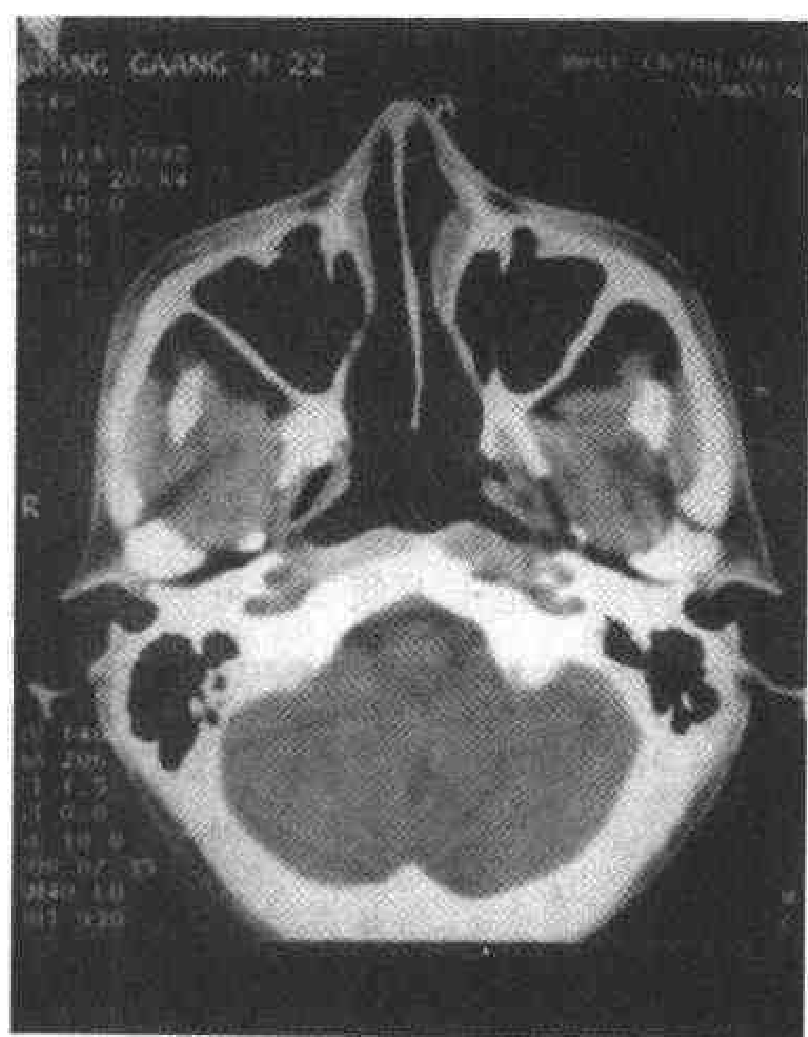
2. 中部层面 主要显示筛窦中后组蜂窝状分隔、鼻中隔、鼻腔及鼻岬。其中可显示筛窦半月裂、钩突以及额窦鼻额管、上颌窦开口等。筛窦外侧方为眶窝后部结构。

3. 前部层面 主要显示额窦、鼻骨、鼻腔、鼻泪管、双侧上颌窦，甚至上下齿槽突等（图 17-3-3 (1) ~ (2)）。

三、鼻 咽 部

鼻咽部是口腔颌面部靠后方之深在气道腔隙。上为颅底，前通鼻腔，后邻斜坡和第 1、2 颈椎，下与口咽气道腔隙相续，两侧为咽壁软组织。

（一）横断位



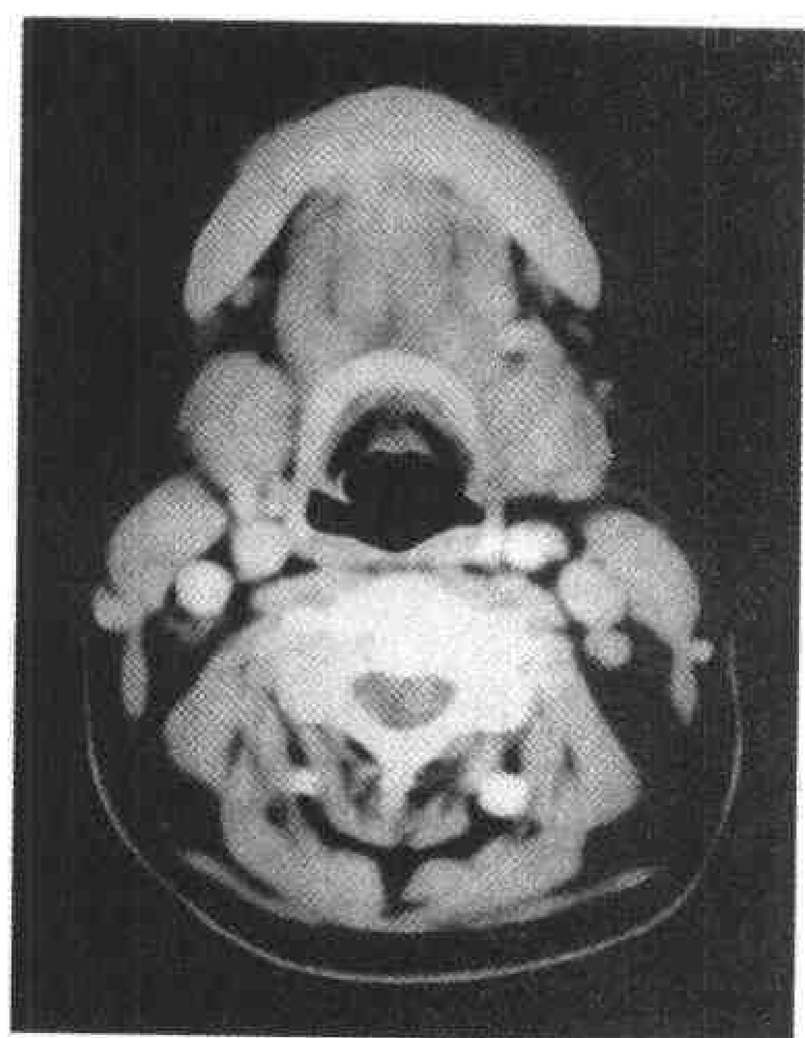
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-3-4　咽部及咽旁间隙（横断位）
（1）鼻咽部；（2）鼻咽部（增强CT）；（3）口咽部．前方为硬、软腭；（4）咽喉部，舌骨前外侧为颌下腺

鼻咽腔偏下份呈长方形，偏上份呈双梯形之含气腔，左右对称。前壁为鼻中隔及鼻后孔。后壁为斜坡及第1、2颈椎所在。下壁为软腭及悬雍垂，并与口咽腔相续。两侧壁由软组织构成，从前至后可见咽口、咽隆突及咽隐窝，左右对称一致（图17-3-4（1）～（4））。

（二）冠状位

鼻咽腔气道呈左右对称之梯形，上方为斜坡及蝶窦底，下方与口咽腔相续。两侧咽壁自上而下显示咽隐窝、咽隆突、咽口等，左右对称。表面粘膜

光滑，粘膜下有丰富淋巴滤泡及淋巴管网，并有咽上缩肌，耳咽管张肌及腭帆提肌。其两旁为咽旁脂肪间隙及翼肌。

四、口腔颌面部软组织间隙

口腔颌面部软组织间隙是潜在的脂肪间隙，包括颞下间隙、咽旁间隙、翼腭窝、颈动脉间隙等，并有肌肉、筋膜等分隔，富含疏松结缔组织、脂肪、血管和神经等。

（一）横断位

1. 颞下间隙　位于颅中窝底下方，翼板及翼肌外前方，上颌窦后外壁后方，下颌骨升支内侧之间。

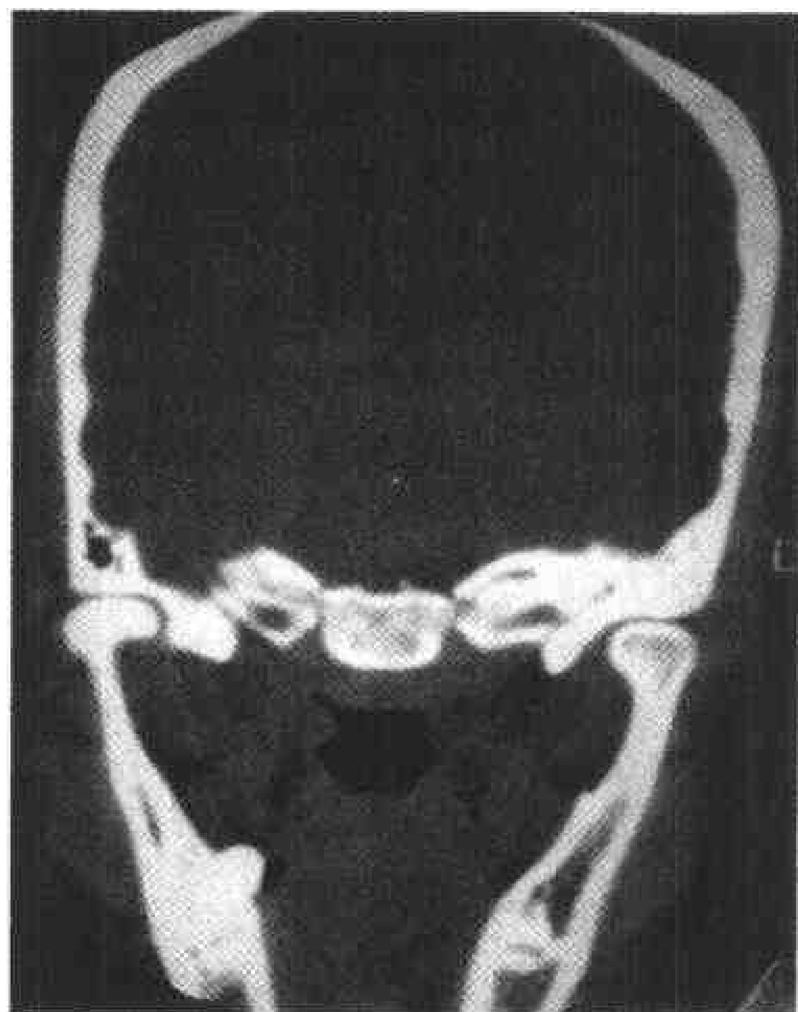
2. 咽旁间隙　位于咽腔壁外侧，翼肌后内侧方，茎突前方，上方亦毗邻颅中窝底两侧，呈八字形脂肪间隙。外侧与腮腺深叶相邻，其下方为腭扁桃腺及颌下腺。

3. 颈动脉间隙　位于咽旁间隙后方，颈椎前外方，内有颈动脉、颈内静脉、交感和副交感神经、颈深淋巴结等。

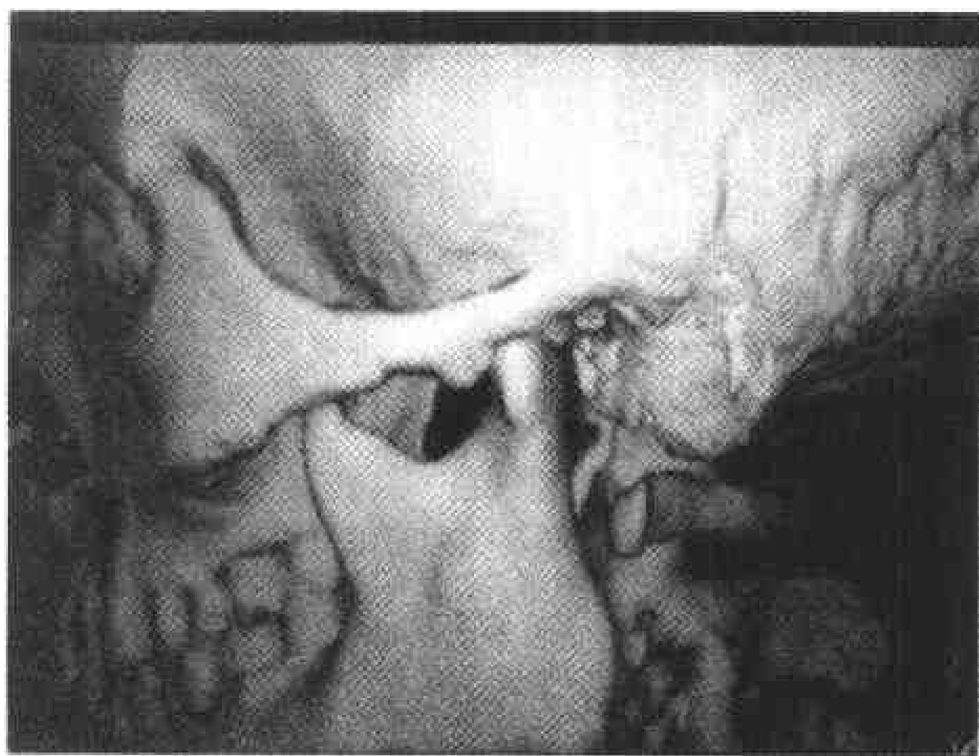
4. 翼腭窝　位于上颌窦后壁内方、蝶骨大翼



(1)



(2)



(3)

图 17-3-5　颞颌关节（骨窗像）

（1）横断位，颞颌关节，前外侧为颧弓；（2）冠状位，颞颌关节及下颌升支；（3）三维 CT 侧面观，显示下颌升支、颞颌关节、喙突、颧骨及颧弓

的颞下窝及翼板之间的小三角形透明脂肪间隙。翼腭窝虽窄小，但内前方经眶下裂入眼眶；后上方经圆孔入颅腔；下方经翼腭骨的腭大孔入口腔，是极重要的通道交汇区。内有颌内动脉、三叉神经第2支、蝶腭神经节等。该间隙前后径仅数毫米。

（二）冠状位

1. 颞下间隙　呈V字形之脂肪间隙，底在上方，尖在下方，由宽而窄，呈圆锥状，左右对称。

2. 咽旁间隙　居咽腔壁两外侧方，呈八字形，由内上方斜向外下方。

3. 颈动脉间隙　位于咽旁间隙后方，可见有颈内动脉、颈内静脉等行于其间。

4. 翼腭窝　由于狭窄，冠状位不易显示，位于翼突内外板外侧与上颌窦外后壁之间。

五、颌　面　骨

口腔颌面骨由上颌骨、颧骨、鼻骨、泪骨、腭骨、下鼻岬、犁骨和下颌骨组成。除颌面部眼眶、鼻腔、鼻窦等特殊结构外，其中上下颌骨、颧骨、腭骨等骨质结构，均可在CT骨窗像上，获得良好显示。

（一）横断位

1. 通过眶中部层面，主要显示额窦、筛窦蜂窝、鼻中隔上部、眼眶、蝶窦和鼻骨等。

2. 通过上颌窦层面，主要显示鼻中隔、鼻腔、下鼻岬、上颌窦骨壁、鼻泪管、颧骨、颧弓、下颌骨喙突与髁状突、颞颌关节、翼突内外板等。

3. 通过上牙槽突层面，主要显示上颌窦底、牙槽突和上齿列、硬腭、下颌升支等。

4. 通过下牙槽突层面，主要显示下颌牙槽突、下齿列，下颌角、舌骨等（图17-3-4（1）～（4））。

（二）冠状位

1. 通过颞颌关节层面，主要显示颞颌关节、蝶窦、上颌升支、颧弓等。

2. 通过上颌窦后部层面，主要显示筛板、筛窦、鼻岬、鼻中隔、鼻腔、上颌窦、颧骨、硬腭、下颌角等。

3. 通过上颌窦前部层面，主要显示额窦、鸡冠、筛窦、鼻泪管、鼻中隔、鼻岬、鼻腔、上颌窦、硬腭、上下牙槽突，上下齿列等（图17-3-5（1）～（3））。

六、舌及口底

口腔是口腔颌面部的重要器官。口腔上界为上牙槽突、硬腭和软腭等；下界为下牙槽突、舌和口底等。

（一）横断位

1. 舌　是重要的肌性器官。前端游离状，为舌尖，后端连于口底后部，为舌根。舌由舌内肌、舌外肌及纤维性舌中隔构成。其中，舌内肌由舌纵肌、舌垂直肌和舌横肌组成，故舌运动十分灵活。舌外肌由颏舌肌、舌骨舌肌和茎突舌肌等组成。在CT软组织窗像上，口腔的上述结构可以分辨。

2. 口底　主要由下颌舌骨肌构成。前外侧可见下颌骨体，下方为舌骨，两旁可见颌下腺。下颌骨浅面为颈阔肌等（图17-3-6（1）～（3））。

（二）冠状位

口腔内可显示含气腔道，中央为舌影，口腔底为下颌舌骨肌。两侧为颊粘膜。上方为硬软腭。前方可见上下牙槽突及牙列等。

七、涎　　腺

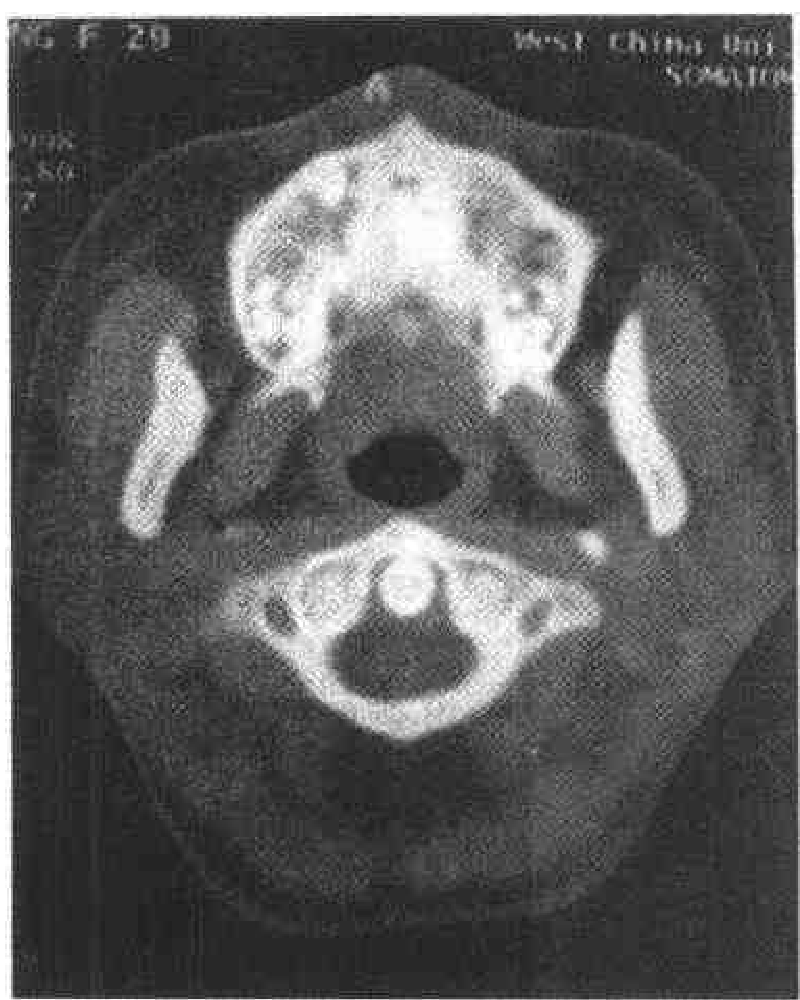
涎腺由腮腺、颌下腺、舌下腺及分布于口咽周围小粘液腺等组成。

（一）横断位

1. 腮腺　左右各一，为涎腺中最大者。位于下颌骨升支和胸锁乳突肌之间，耳屏前下方，分深浅两叶及峡部。浅叶居咬肌后部浅面，上邻颧弓缘，下邻下颌升支后缘及二腹肌后腹。深叶位于下颌骨升支内侧，上邻颞颌关节及外耳道软骨段，内侧与咽旁间隙相接。外被颈浅筋膜、皮肤。腮腺内除腺组织外，富含脂肪，故密度比肌肉稍低。增强CT上可均匀轻度强化，其腺体内的面静脉呈明显点状强化，并有紧邻之不强化面神经影。

腮腺导管碘油造影CT扫描，腮腺呈均匀一致密度增高，借此可显示腮腺内占位病变与面神经等关系。

2. 颌下腺　左右各一，位于颌下三角区，下邻二腹肌后腹及中央腱外侧，舌骨大角稍后上方，上邻下颌体内侧面。下后邻下颌舌骨肌。颌下腺导管碘油造影CT扫描，其密度均匀增高，与颈内动



(1)



(2)



(3)

图 17-3-6 口腔（横断位）
(1) 上颌骨牙槽突；(2) 口腔及舌；(3) 下颌骨牙槽突

脉和颈内静脉相贴近。

3. 舌下腺 位于口底粘膜深面与下颌舌骨肌之间，下颌骨体内侧缘，内侧与舌骨舌肌、颏舌肌相邻。舌下腺与毗邻肌肉比较密度稍低，CT 上不易显示其边界（图 17-3-7（1）～（3））。

（二）冠状位

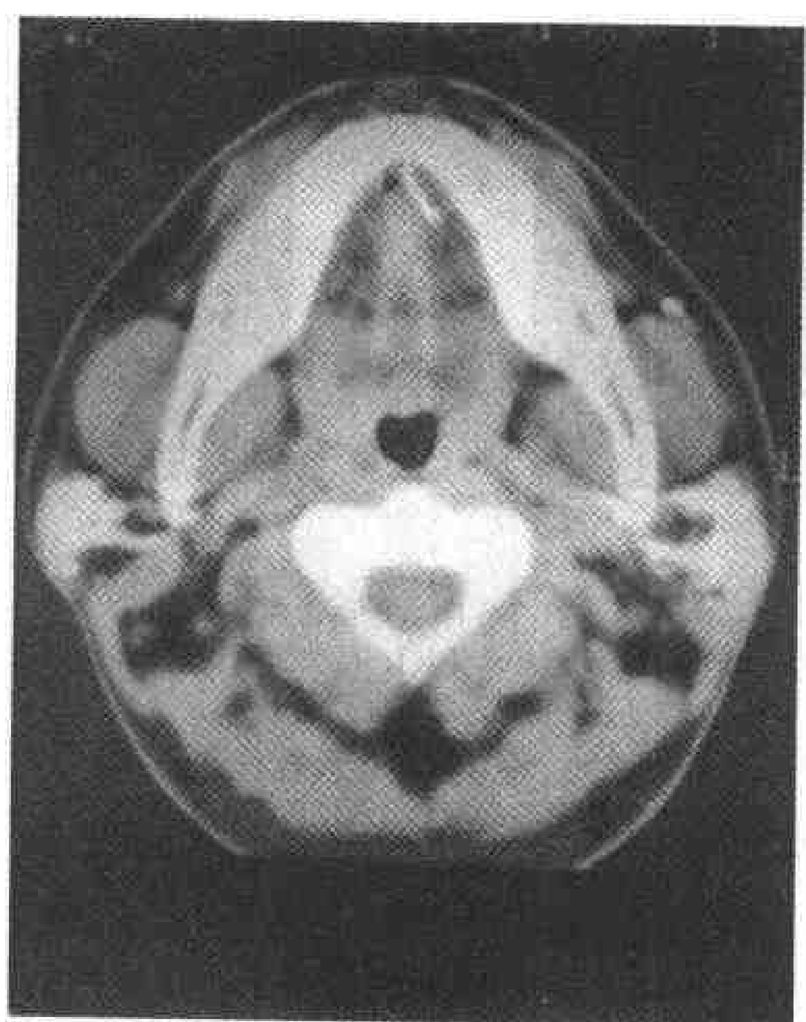
涎腺中显示较好者为腮腺与颌下腺，舌下腺一般边界显示不清。腮腺深浅叶可清楚显示。深叶位于咽旁间隙外侧；浅叶居咬肌浅面。皮下脂肪丰富者或腮腺导管造影，容易显示腮腺周界及内部结构。颌下腺位于舌骨大角两外侧，呈椭圆形，为边缘清楚之块影。



(1)



(2)



(3)

图 17-3-7　涎腺（横断位）
(1) 腮腺（增强 CT）；(2) 颌下腺（增强 CT）；(3) 腮腺（导管碘油造影 CT）

八、颈　　部

颈部上方起自下颌骨下缘与枕骨后缘连线之平面，下方止于胸骨上窝与第 1 胸椎上缘连线之平面。颈部与口腔颌面部关系密切，不少疾病可相互影响或伴发，故 CT 检查时亦须重视。

（一）颈部前方为脏器区。主要有下咽部、喉部、气管、食管、甲状腺和甲状旁腺等。

（二）颈部后方主要为颈椎、椎管及颈脊髓等。椎前有屈肌群，椎后有伸肌群。

（三）颈部两侧方主要有大血管、神经、淋巴结。即颈总动脉及颈内外动脉分支、颈内静脉、颈外静脉、椎动脉；脊神经和交感神经干；颈深浅组淋巴结。其中，颈深淋巴结起自颅底，沿颈内静脉

向颈根部延伸，经颈淋巴干，注入胸导管和右淋巴导管。

（四）颈部肌群中，最显著的是胸锁乳突肌，起于胸骨柄前面和锁骨胸骨端，斜行向外上，止于乳突。前方为颈阔肌被覆。深部椎前为颈长肌，贴于颈椎及第1～3胸椎前外侧。两侧后方有斜方肌、菱形肌、肩胛提肌、横突棘肌等。

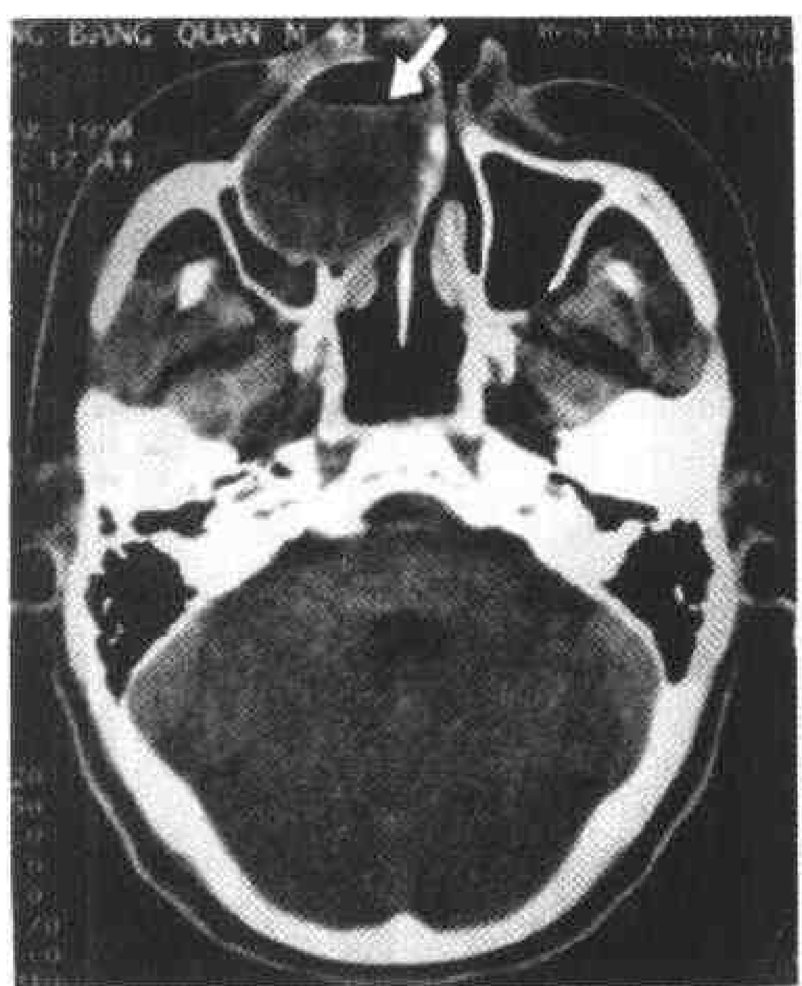
CT横断位上、一般以舌骨为标志，分为舌骨上区和舌骨下区，随颈部上中下层面不同，显示上述解剖结构，亦有不同。

第四节 口腔颌面部疾病CT诊断

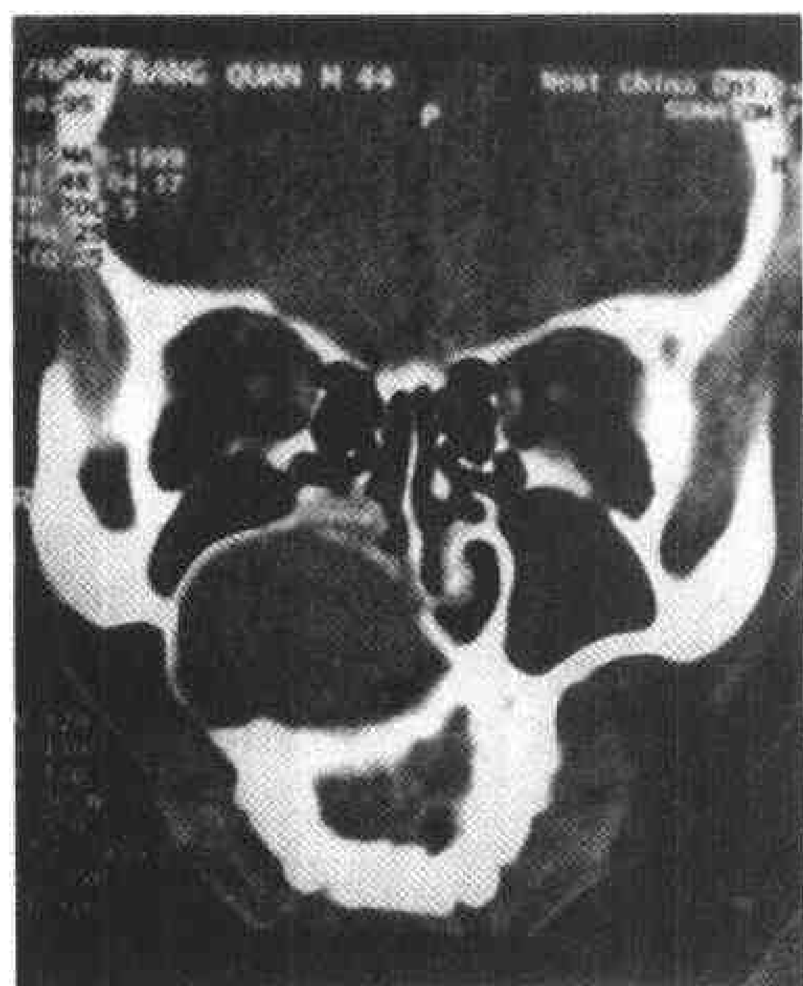
一、口腔颌面部囊肿

口腔颌面部囊肿分牙源性和非牙源性两大类。

（一）颌骨囊肿



（1）



（2）

图17-3-8 上颌骨囊肿
（1）横断位，囊腔内显示气液面（↑）；（2）冠状位，囊肿向周围膨胀扩大

颌骨囊肿以含牙囊肿、牙源性角化囊肿、根尖周囊肿和球状上颌囊肿等较常见。囊肿内含囊液，囊壁衬以上皮，呈膨胀性增大。

CT表现 颌骨局限性溶骨性破坏，膨大，边缘光整，可有骨皮质缺损。呈圆形或椭圆形，亦可呈分叶状。囊腔呈液性密度，CT值约10～20Hu左右，不强化。囊周无骨质增生硬化或软组织肿块，界线清楚（图17-3-8（1）～（2））。

（二）鼻窦囊肿

口腔颌面部之鼻窦囊肿常见，主要病因为粘液腺口或窦口阻塞。好发于额窦、筛窦，上颌窦，蝶窦亦可见之。

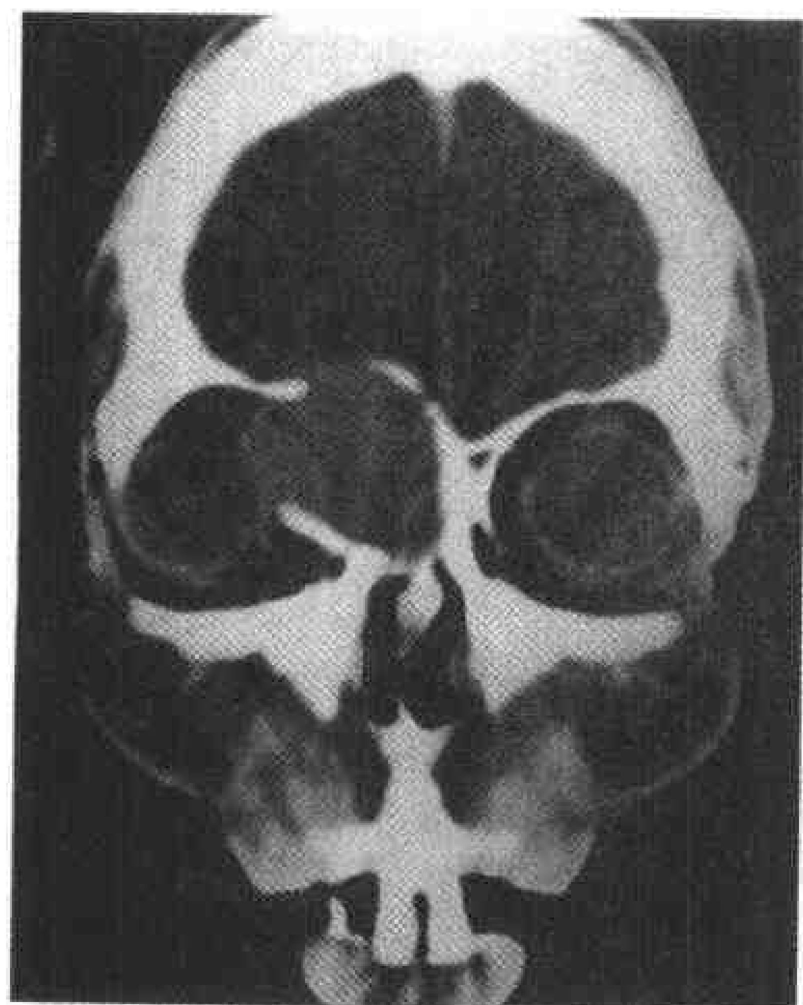
CT表现 鼻窦囊肿区，窦腔密度增大，呈软组织肿块影，形圆或椭圆形，CT值约30～50Hu，无强化。窦腔局限性膨大，常向眶窝或颅内膨胀突隆，窦壁菲薄，甚或缺损。位于筛窦者，蜂窝分隔消失。位于蝶窦者，使蝶鞍扩大，拟似垂体腺瘤，易致误诊。但在上颌窦发生者，由于窦腔较大，一般先显示窦腔内圆形或椭圆形软组织肿块充盈缺损，骨壁无吸收、破坏。鼻窦粘液囊肿常为鼻窦炎症继发所致。CT表现典型者，易于诊断（图17-3-9（1）～（2））。

二、口腔颌面部良性肿瘤

口腔颌面部良性肿瘤常见，来源可为牙源性、骨源性及其他软组织。牙源性者，如成釉细胞瘤、牙源性粘液瘤、牙源性腺样瘤、牙瘤等。骨源性者，如骨瘤、颌骨血管瘤、骨化纤维瘤等。其他组



(1)



(2)

图 17-3-9　鼻窦粘液囊肿
(1) 横断位，左上颌窦粘液囊肿，经窦壁骨质缺损处向外膨出，边缘光滑；
(2) 右额窦粘液囊肿，突向眼眶及颅前窝，骨质吸收

织来源者，如神经纤维瘤、动脉瘤样骨囊肿、脑膜瘤，以及涎腺混合瘤等。

（一）颌骨成釉细胞瘤

颌骨成釉细胞瘤　主要起源于牙源性上皮组织。实性或囊性，但多数为混合性。根据形态，一般可分为多房状、单房状、蜂窝状和局限破坏状等。常见于青少年，男多于女。

CT表现　颌骨呈囊状破坏，并向外膨大突隆，边缘可缺损或不清，但较整齐。囊腔内密度不均，CT值30～40Hu，轻度强化。囊腔内可含牙。邻牙受侵可呈残根或缺失。囊外可伴软组织局限增厚或继发感染（图17-3-10（1）～（3））。

（二）牙源性粘液瘤

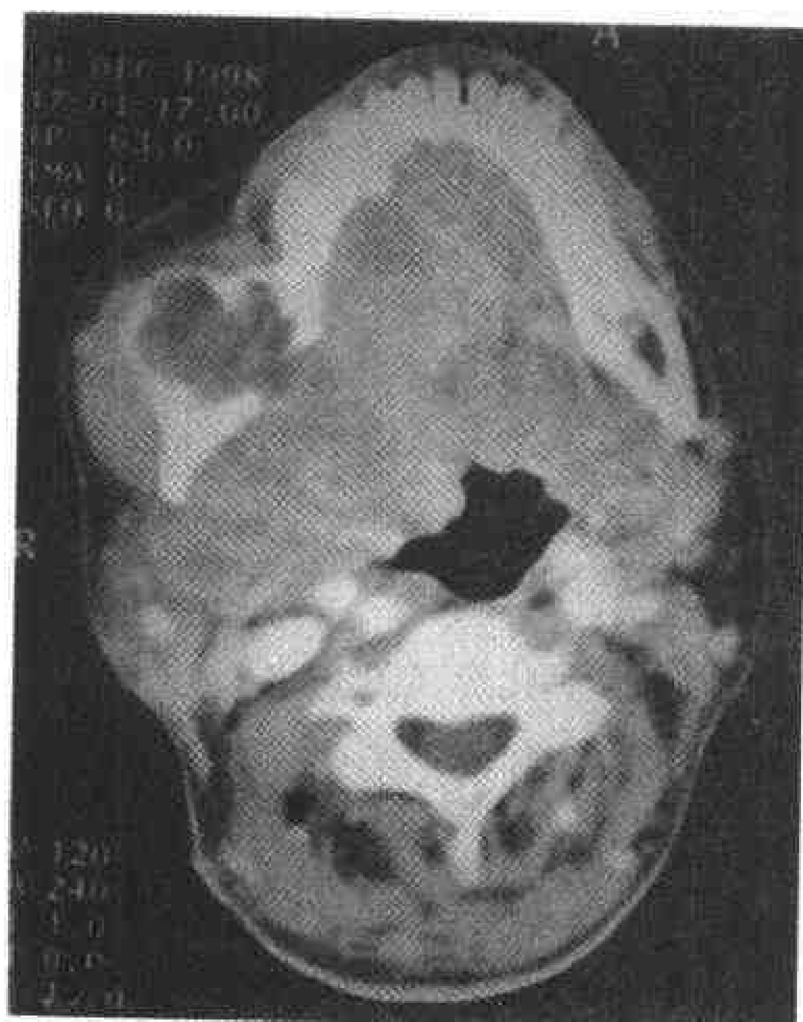
颌骨牙源性粘液瘤主要起源于牙胚的牙乳头、牙囊或牙周膜组织。好发于下颌骨前磨牙及磨牙区，可有缺牙或埋伏牙。多见于青壮年。肿瘤无完整包膜，可侵犯颌骨皮质及软组织。

CT表现　颌骨呈溶骨性破坏，边缘增生硬化。破坏区常呈蜂窝状，亦可为圆形、长方形、三角形或不规则形。其内常有斑片状致密影。颌骨轻度膨大，伴牙移位或残根牙等（图17-3-11）。

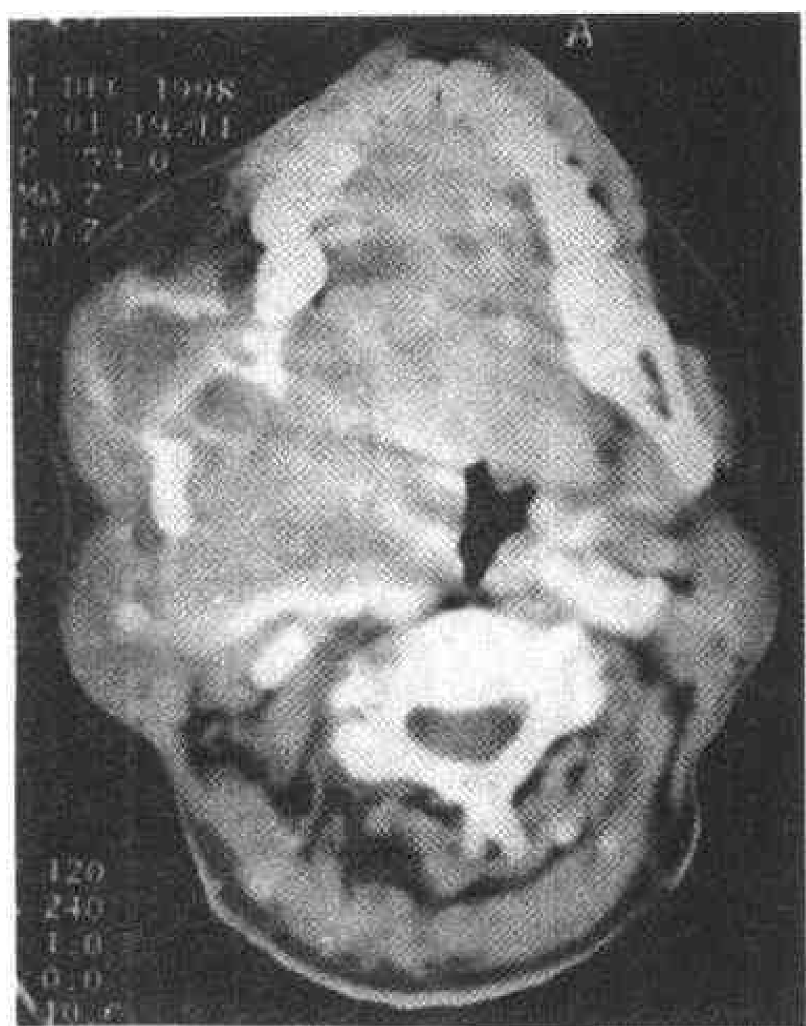
（三）牙源性腺样瘤

颌骨牙源性腺样瘤，曾叫腺样成釉细胞瘤。多见于颌骨前牙区。以单房多见，亦可多房。常含未萌出牙，瘤体内常有多数钙化点。好发于青少年，女性多于男性。

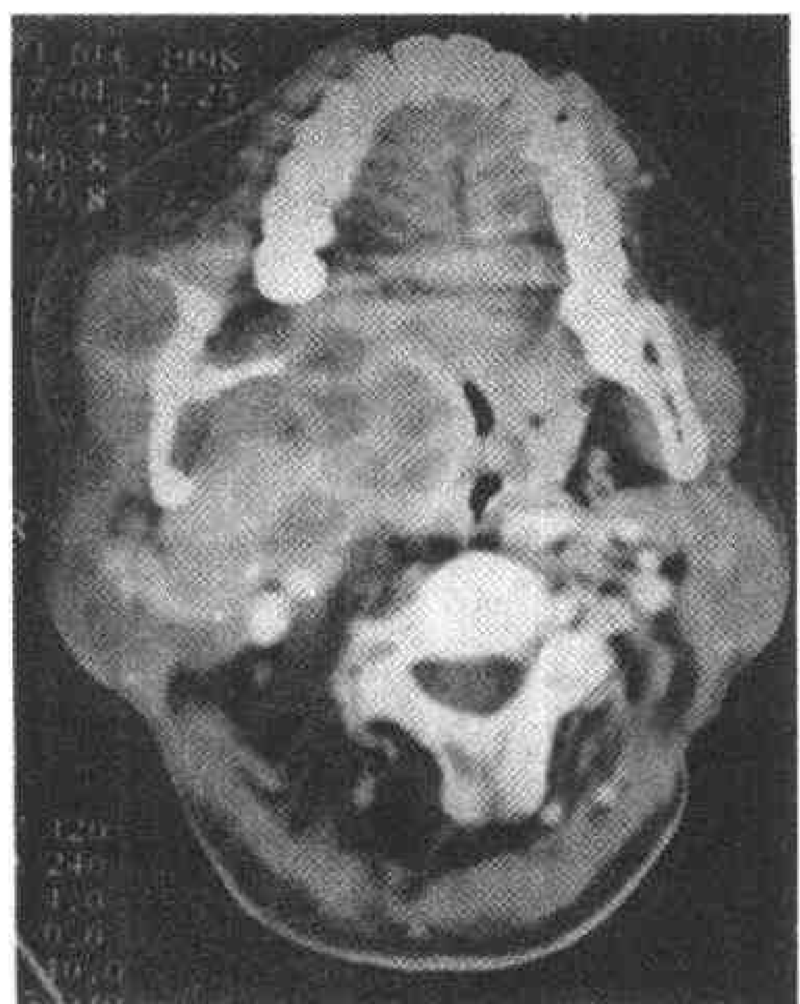
CT表现　上颌骨内呈单房或多房状低密度影。颌骨皮质膨大变薄，无缺损。囊腔内有多数未萌出牙，瘤旁邻牙移位，牙根呈斜形吸收。瘤腔内



(1)



(2)



(3)

图 17-3-10 右下颌骨成釉细胞瘤

亦可有散在点状钙化影（图 17-3-12）。

（四）牙瘤

颌骨中发生的牙瘤是具有形成牙组织的肿瘤。瘤体内有牙釉质、牙本质、牙骨质，甚至有牙髓、牙周膜等。根据牙瘤的形态与排列不同，可分为组合性和混合性牙瘤。病变区颌骨轻度膨大。

CT表现　实体型牙瘤呈不整齐团块状致密

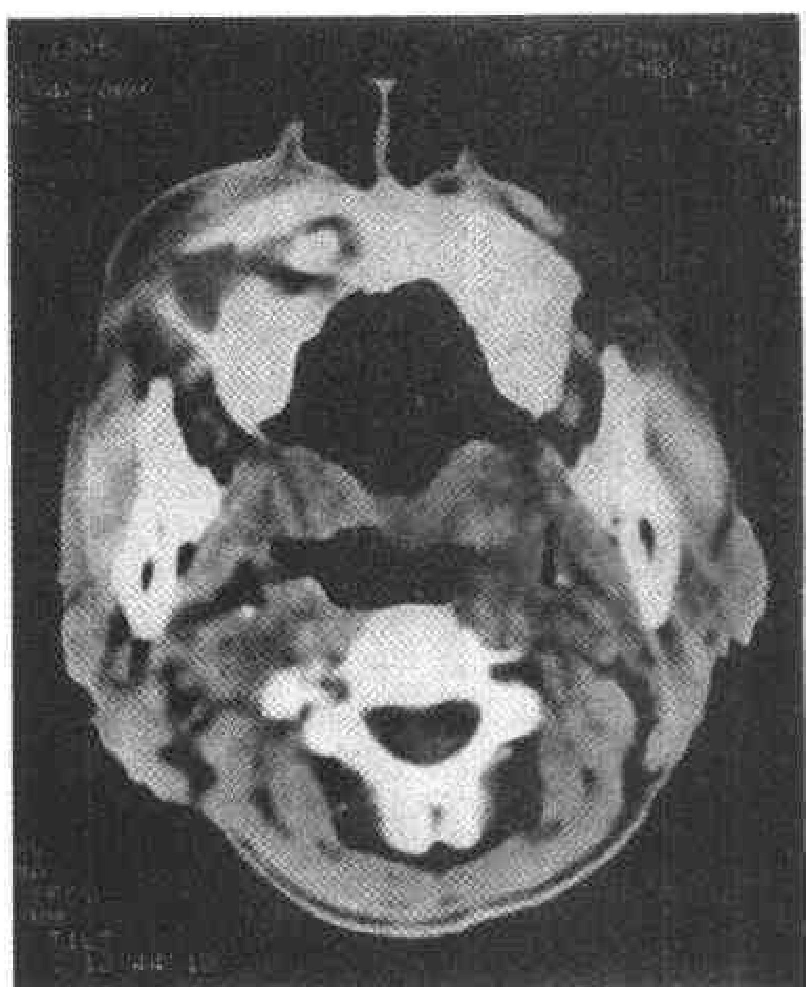


图 17-3-11 右下颌骨牙源性粘液瘤

影，或细小牙齿堆积，周围有低密度带环绕，并有阻生牙。囊肿型牙瘤与含牙囊肿相似，呈囊腔状膨大影，边缘清楚，其中常有大小不一或发育不良的牙块分布。

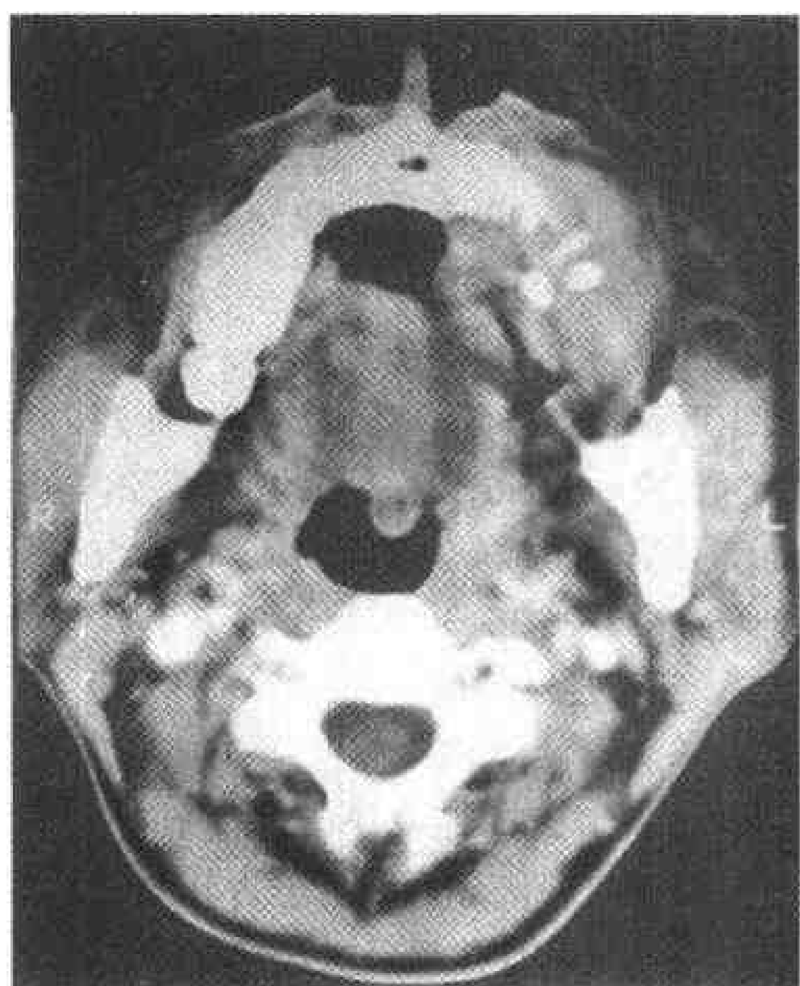
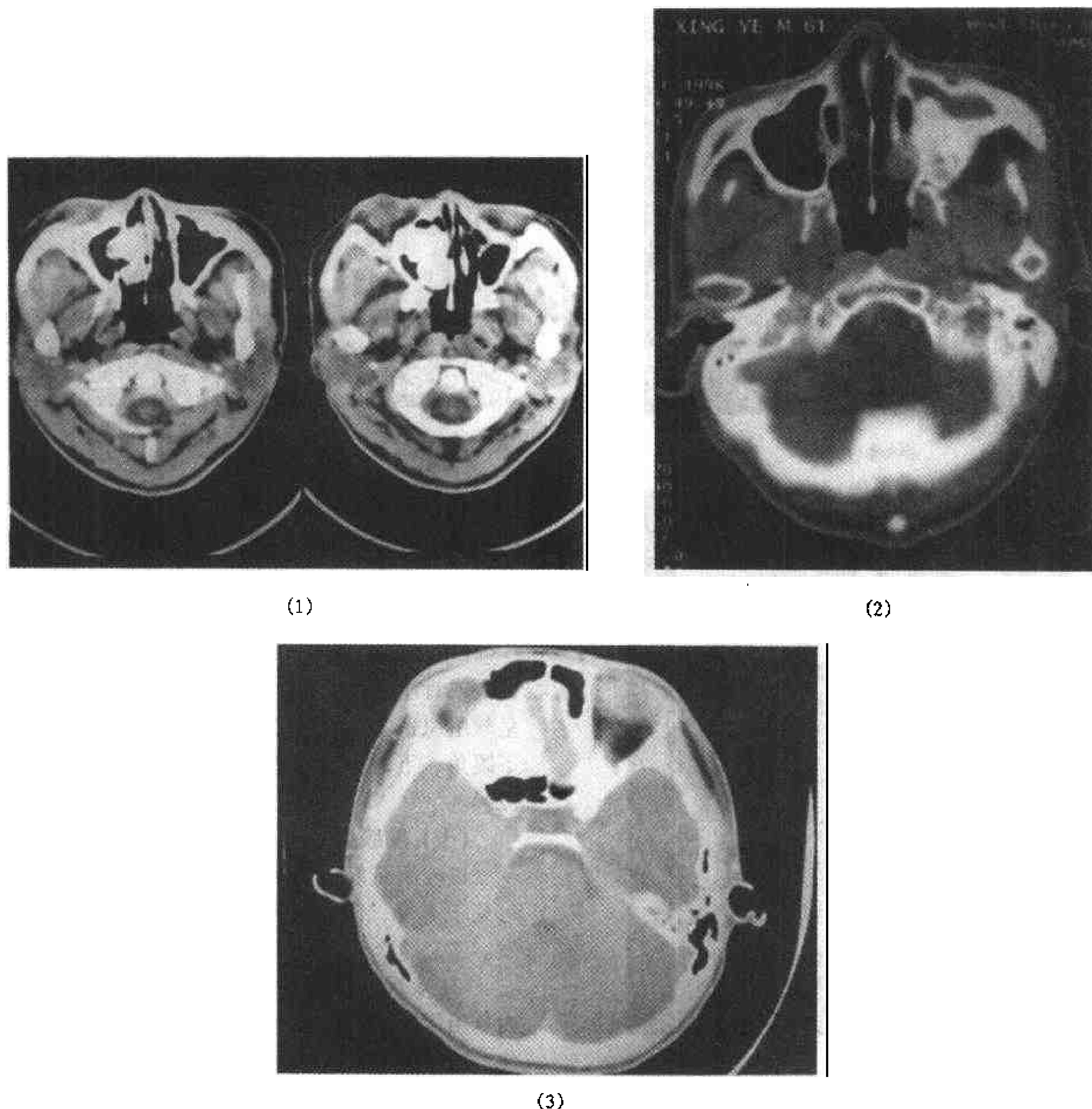


图 17-3-12 左下颌骨牙源性腺样瘤

（五）骨瘤

颌骨骨瘤发生于颌骨中枢或周边部。根据骨质结构，分密质骨瘤或松质骨瘤。以下颌骨多见；上颌骨者，多见于额筛窦骨壁。形圆或椭圆形，亦可



(1) (2) (3)

图 17-3-13 颌骨骨瘤

(1) 鼻腔及上颌窦骨瘤；(2) 左上颌窦骨瘤，继发鼻窦炎；(3) 右筛窦骨瘤，突向前颅窝

分叶状。多见于成年。

CT表现 病变区呈均匀致密块影，亦可不均。边界清楚锐利，可局限突出，瘤体CT值高，无软组织肿块。周围结构可受压移位（图 17-3-13 (1) ～ (3)）。

（六）颌骨血管瘤

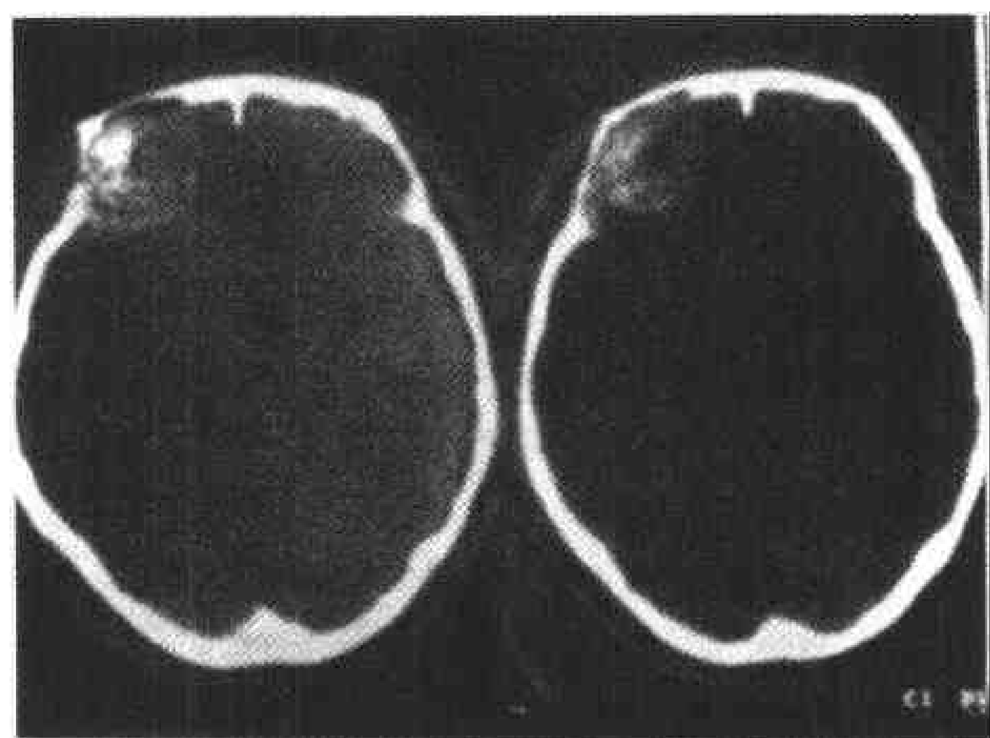
颌骨血管瘤起源于先天血管发育异常。分海绵状血管瘤和蔓状血管瘤两类，以下颌骨好发，亦可见于上颌骨，多见于青少年。

CT表现 颌骨稍膨大，骨小梁吸收，间隙增宽，呈不规则透明影或斑状影。皮质变薄，但完整。邻牙推移或残根状吸收。如为下颌中枢型蔓状血管瘤，伴有下颌管扩大，示输入动脉增粗所致（图 17-3-14 (1) ～ (2)）。

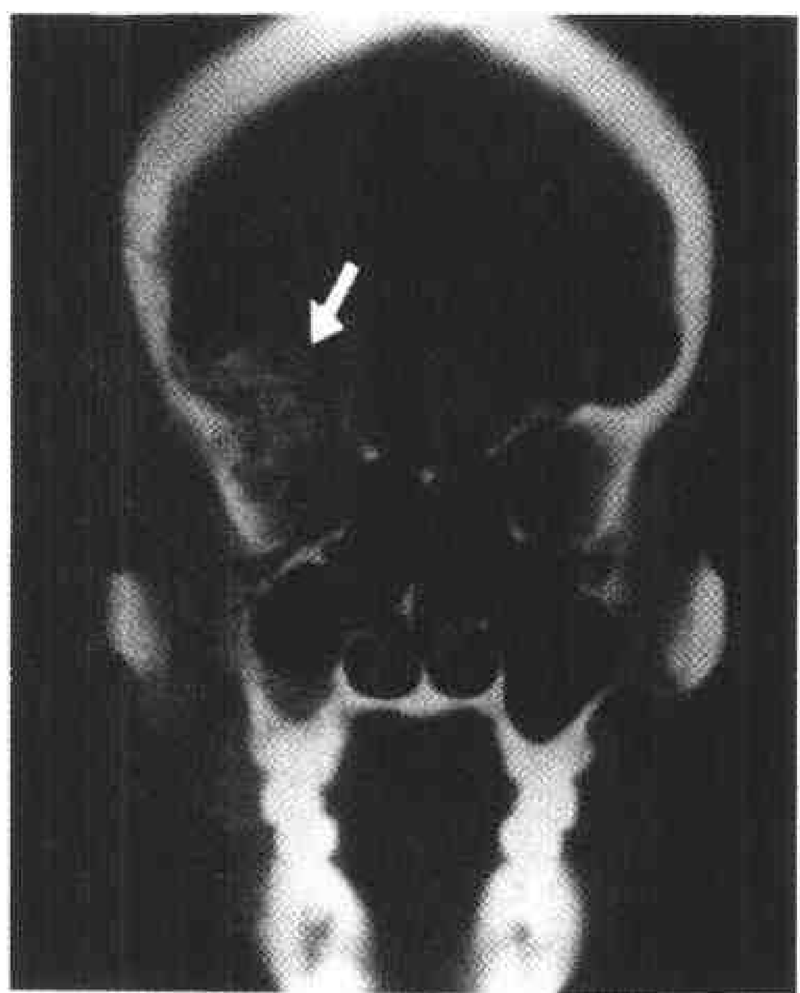
（七）骨化纤维瘤

颌骨骨化纤维瘤起源于颌骨成骨性结缔组织，上、下颌骨均可发生。主要由纤维组织构成，伴有骨样组织、骨小梁及钙化团块。以中青年多见。

CT表现 颌骨局限性破坏区，呈圆形或卵圆形低密度影，亦可分叶状。可见粗大骨小梁分隔或



(1)



(2)

图 17-3-14 右额骨血管瘤（骨窗像）

不规则斑片状致密影。颌骨稍膨大，皮质变薄，邻牙移位，可伴软组织肿块影（图 17-3-15）。

（八）神经纤维瘤

口腔颌面部神经纤维瘤，起于骨或软组织内的周围神经组织肿瘤。由神经纤维和胶原组织组成，包膜完整。

CT 表现　颌骨受累区呈边界清楚低密度影，可有分房状骨隔，皮质可缺损。位于咽旁间隙者，常呈圆形或椭圆形肿块，边界光滑，邻近血管受压移位。增强 CT 显示均匀强化（图 17-3-16（1）～（2））。

（九）动脉瘤样骨囊肿

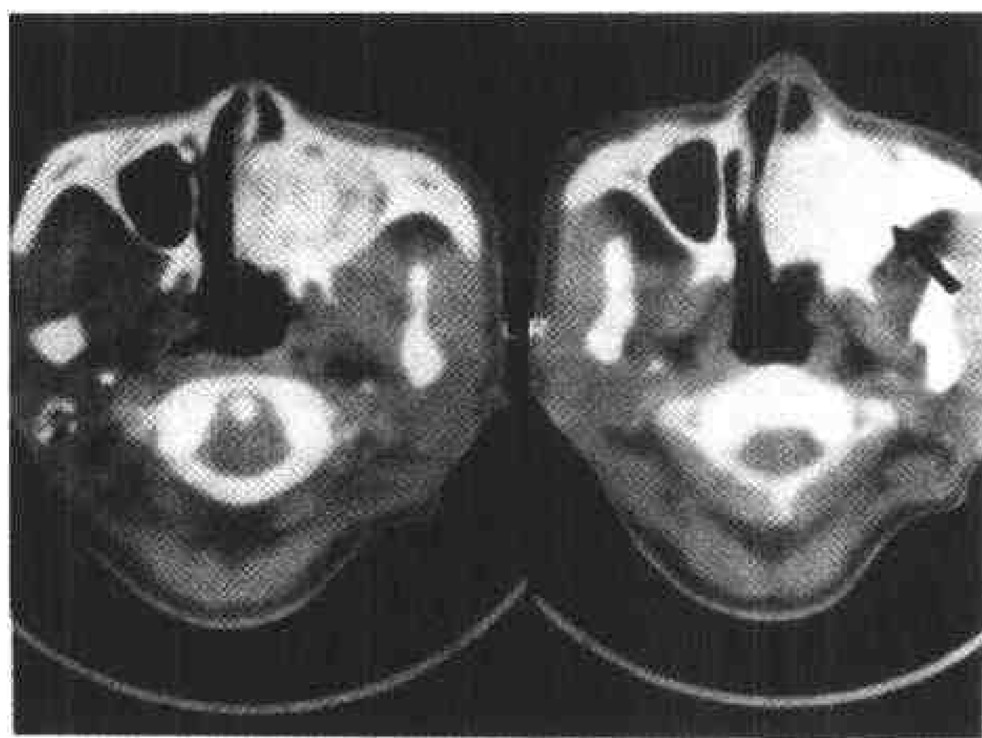


图 17-3-15 骨化纤维瘤

左上颌骨高密度影，充满左上颌窦及左鼻腔

口腔颌面部动脉瘤样骨囊肿是病因不明的骨病，可为外伤或动静脉循环障碍所致。呈囊状骨质破坏，囊内充满血性液体，常有纤维或骨性分隔、骨样组织。青少年多见。

CT 表现　骨质呈囊状破坏，其内有少许骨性分隔或骨嵴。骨皮质膨胀变薄，呈吹气球状。囊内呈软组织密度。增强 CT 呈斑片状强化。可发生于下颌角、下颌升支或颞骨等（图 17-3-17（1）～（2））。

（十）脑膜瘤

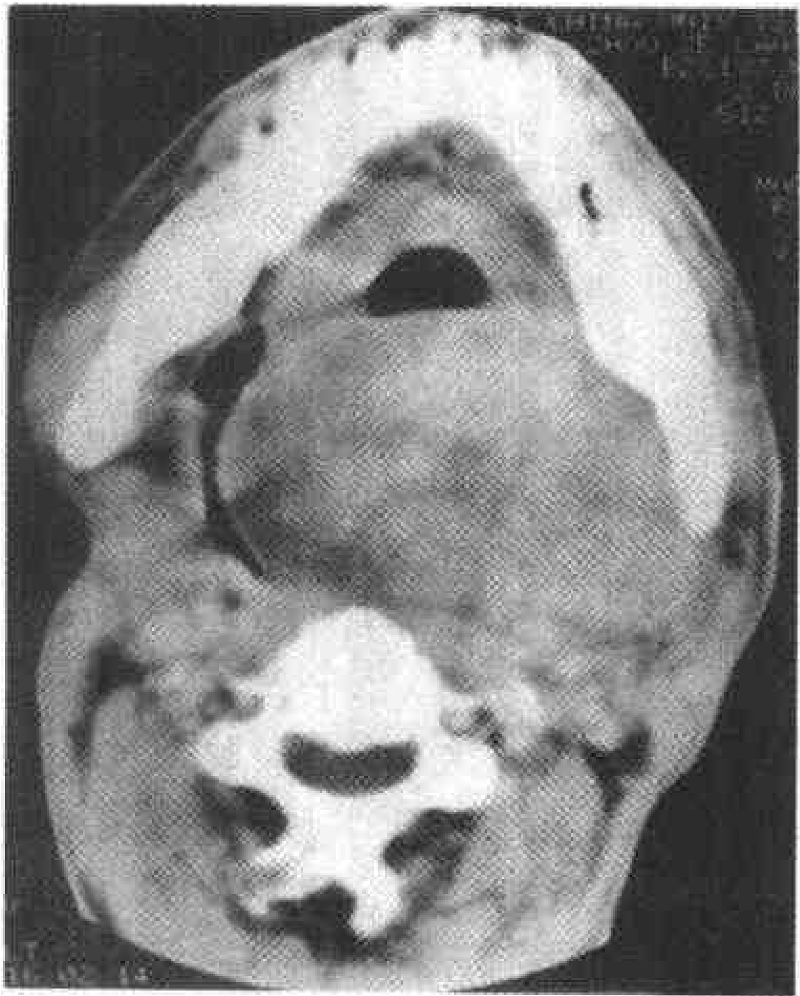
口腔颌面部脑膜瘤少见，系异位蛛网膜发生。可见于鼻窦、颌骨或深部软组织间隙。中青年好发。

CT 表现　位于上颌窦者，使窦腔膨大，有腔内软组织肿块，窦壁骨质增生。增强 CT 呈明显强化。由于窦口阻塞，可继发鼻窦炎。位于颈动脉间隙者，肿块呈圆形，边缘清楚，颈内动脉向前推移，咽腔变形，但粘膜光整。增强 CT 呈明显均匀强化（图 17-3-18（1）～（2））。

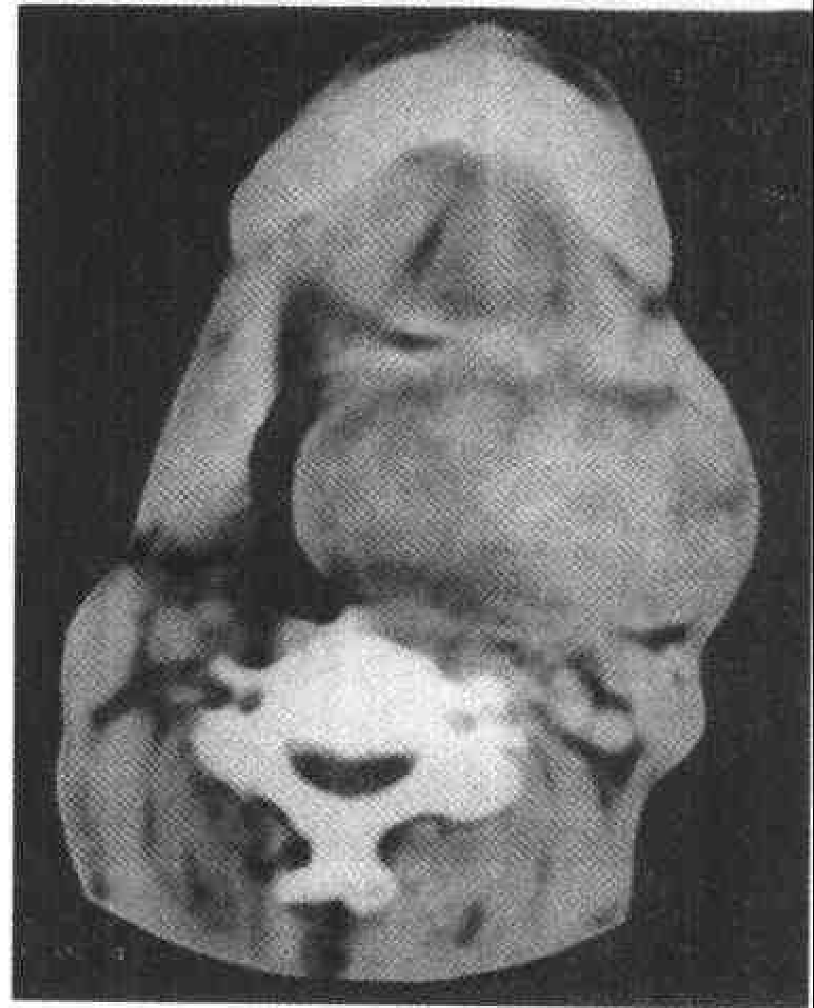
（十一）涎腺多形性腺瘤

口腔颌面部多形性腺瘤又称涎腺混合瘤，以腮腺多见，颌下腺、舌下腺及咽旁小涎腺等较少见。其他良性肿瘤有血管瘤、淋巴管瘤、纤维瘤、嗜酸性腺瘤等。多见于中青年。

CT 表现　腮腺内可见圆形或卵圆形肿块，均匀一致，边界光滑，无钙化。可位于深叶或浅叶。增强 CT 示均匀强化，可推移邻近血管或神经。腮腺包膜完整（图 17-3-19（1）～（2））。涎腺碘油导管造影显示边缘清楚充盈缺损肿块。

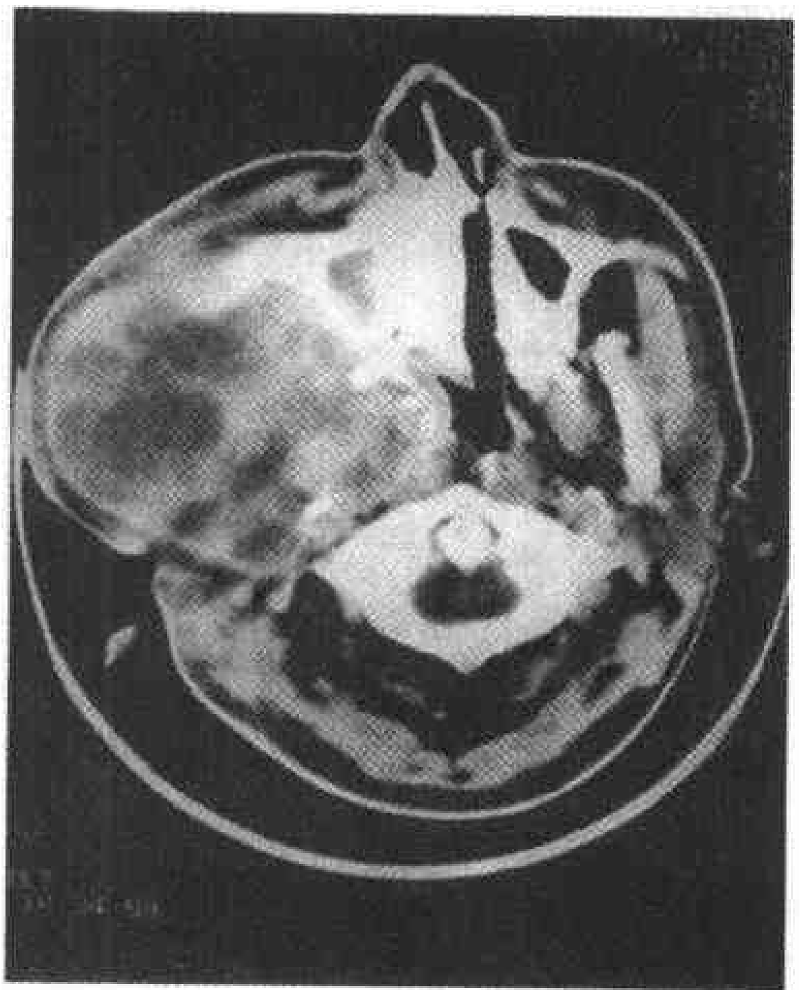


(1)

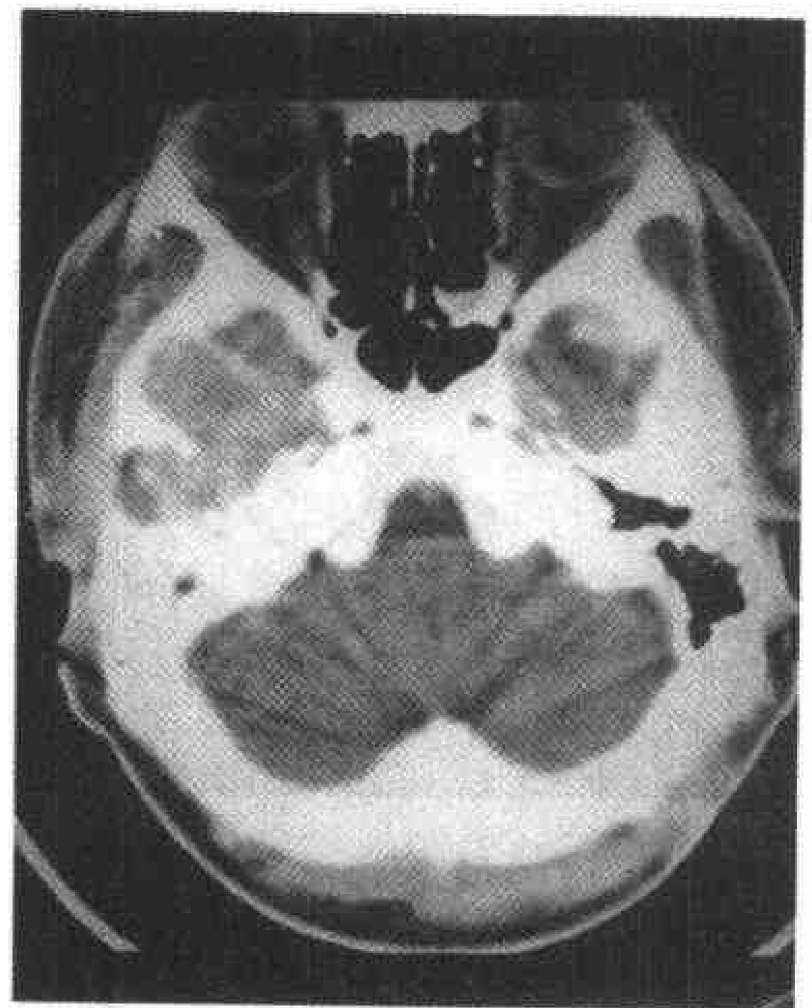


(2)

图 17-3-16　口咽旁神经纤维瘤
(1) 左侧口咽旁卵圆形肿块突向口咽腔及口腔，边缘清楚；(2) 肿块前下方推压口底及舌根部



(1)



(2)

图 17-3-17　动脉瘤样骨囊肿
(1) 肿块占据颞下窝及咽旁间隙，上颌窦外后壁受压。肿块内不均匀囊状分隔；
(2) 右颞骨及颅中窝底骨质破坏


(1)

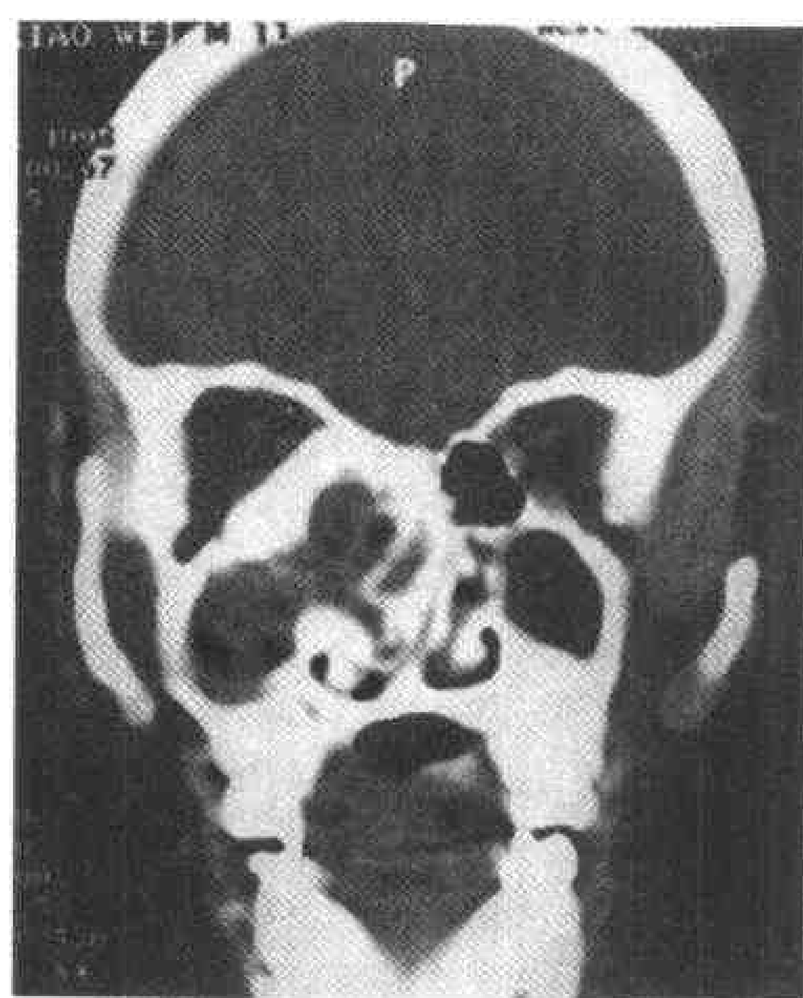
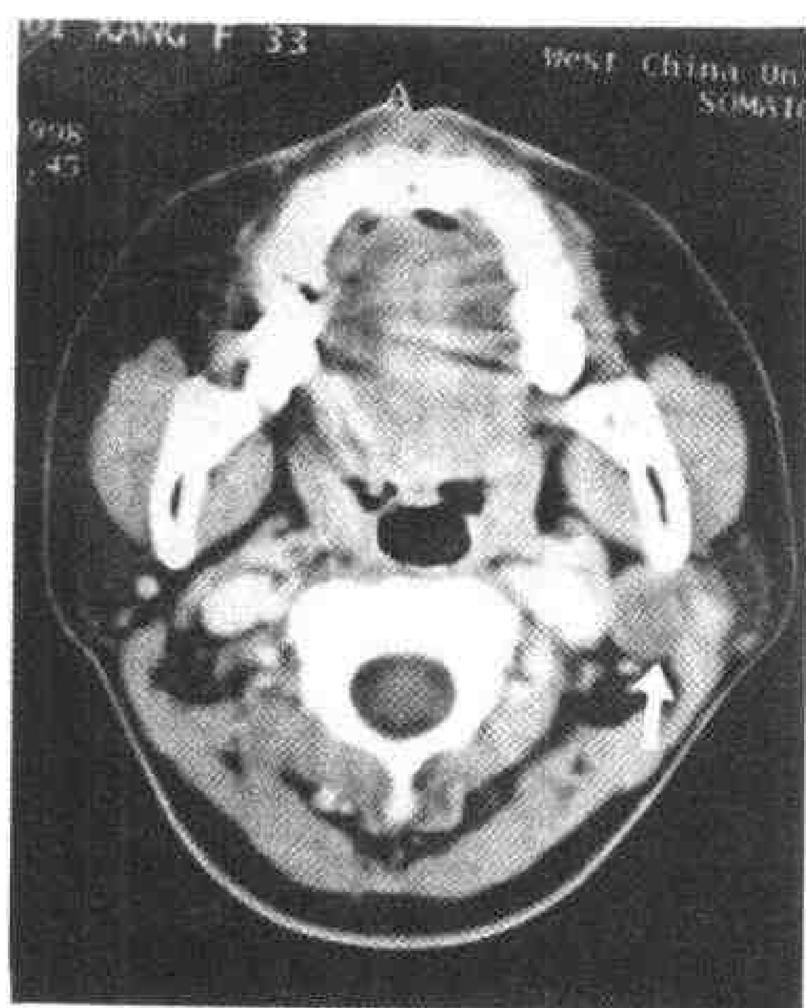

(2)

图 17-3-18 右上颌窦脑膜瘤（增强CT）
(1) 横断位示右上颌窦扩大，不均匀强化；(2) 冠状位示右上颌窦扩大，突向筛窦及鼻腔，鼻中隔左移


(1)


(2)

图 17-3-19 腮腺多形性腺瘤（横断位）
(1) 左腮腺膝部卵圆形肿块，轻度强化（↑）；(2) 右腮腺导管碘油造影示浅叶有一圆形充盈缺损肿块（↑）

三、口腔颌面部恶性肿瘤

口腔颌面部恶性肿瘤多见，可分为原发或继发。原发性恶性肿瘤多起源于颌骨，亦可起源于鼻窦及其他软组织。继发性恶性肿瘤可为邻近器官蔓延，如鼻咽癌向颌骨及颅底侵犯。亦可为远处血源性转移，如肺癌、成骨肉瘤等。

（一）成骨肉瘤

颌骨成骨肉瘤是由肿瘤性成骨细胞、骨样组织和肿瘤骨组成为特征的骨肿瘤。上、下颌骨均可发生。以肿瘤骨形成多少，分成骨性和溶骨性成骨肉瘤。颌骨骨质破坏，骨膜增生及软组织肿块明显。牙移位或脱落。

CT表现　颌骨破坏，边缘不清，呈斑片状影。骨膜增生，呈放射状或骨衣三角。颌骨皮质缺损，周围软组织肿块。肿瘤骨多者，呈明显高密度影；肿瘤骨少者，为骨质缺损区，并有斑点状影。增强CT呈明显强化（图17-3-20）。

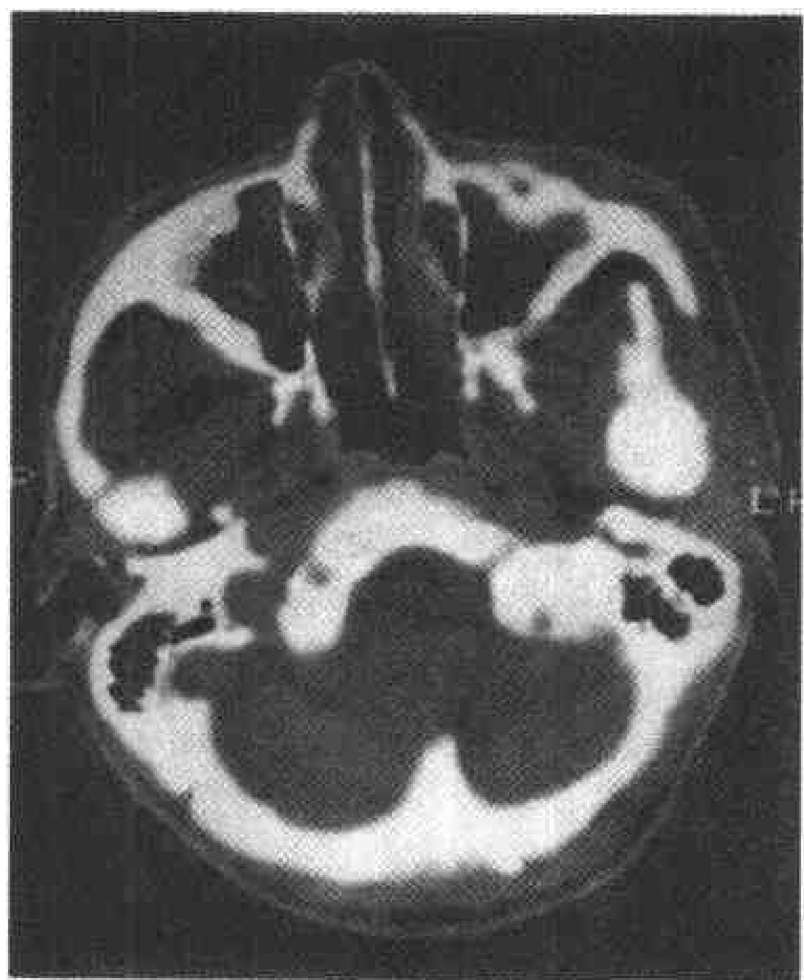


图17-3-20　成骨肉瘤
左下颌骨成骨性明显增大，边缘骨膜增生，呈毛刺状，伴软组织肿块，周界模糊

（二）横纹肌肉瘤

颌骨机横纹肌肉瘤起源于骨外膜或骨内膜，亦可起源于牙周膜。分周围型和中枢型。肿瘤由梭形成纤维细胞组成，无骨样组织。多见于下颌骨，青壮年好发。

CT表现　周围型者为不规则软组织肿块，边缘模糊，邻近颌骨处有骨质破坏、缺损，偶见肿块内钙化。中枢型者，颌骨呈不规则溶骨性破坏，边缘模糊，骨皮质缺损，软组织肿胀。增强CT显示肿块强化（图17-3-21）。

（三）软骨肉瘤

口腔颌面部软骨肉瘤可发生于上、下颌骨。肿瘤由透明软骨、粘液样变和钙化等组成，亦可见骨化、出血等。青壮年多见。

CT表现　呈溶骨性骨质破坏，边缘不清，可见破坏区内有斑点状钙化。骨皮质缺损。上颌骨者，肿块可突入窦腔或鼻腔（图17-3-22）。



图17-3-21　横纹肌肉瘤
右上颌窦与颧骨交界处骨质溶骨性破坏，伴软组织肿块，有放射状骨膜增生（↑）



图17-3-22　软骨肉瘤（术后复发）
筛窦前中份骨质破坏，内有斑点状钙化影，并侵及眼眶

（四）骨髓瘤

口腔颌面部骨髓瘤，又称浆细胞瘤。常多发，亦可单发。起源于骨髓组织的浆细胞。中老年人多见。

CT表现　颌骨呈多发溶骨性破坏，呈圆形穿凿状缺损，边缘清晰。上颌窦受累者，窦腔密度增高。同时伴有椎骨、肋骨、盆骨和颅骨多发破坏者，更为典型（图17-3-23）。

（五）颌骨中央性癌

颌骨中央性癌起源于颌骨成牙上皮组织，常为鳞癌，亦可为腺癌。继发颌骨癌则常见于牙龈、腭骨、上颌窦、颊、舌等，均可同时侵犯粘膜及相邻

颌骨，并发生淋巴结转移。

CT表现 颌骨呈虫蚀状溶骨性破坏，边缘模糊，牙松动或脱落。粘膜或牙龈肿胀，溃疡或菜花状突出。发生于上颌骨者，侵及上颌窦、鼻腔，并继发化脓性鼻窦炎。增强CT呈不均匀强化，并可见颌下或颈淋巴结肿大（图17-3-24）。

（六）转移瘤

颌骨转移瘤可为癌或肉瘤，以前者好发。血行

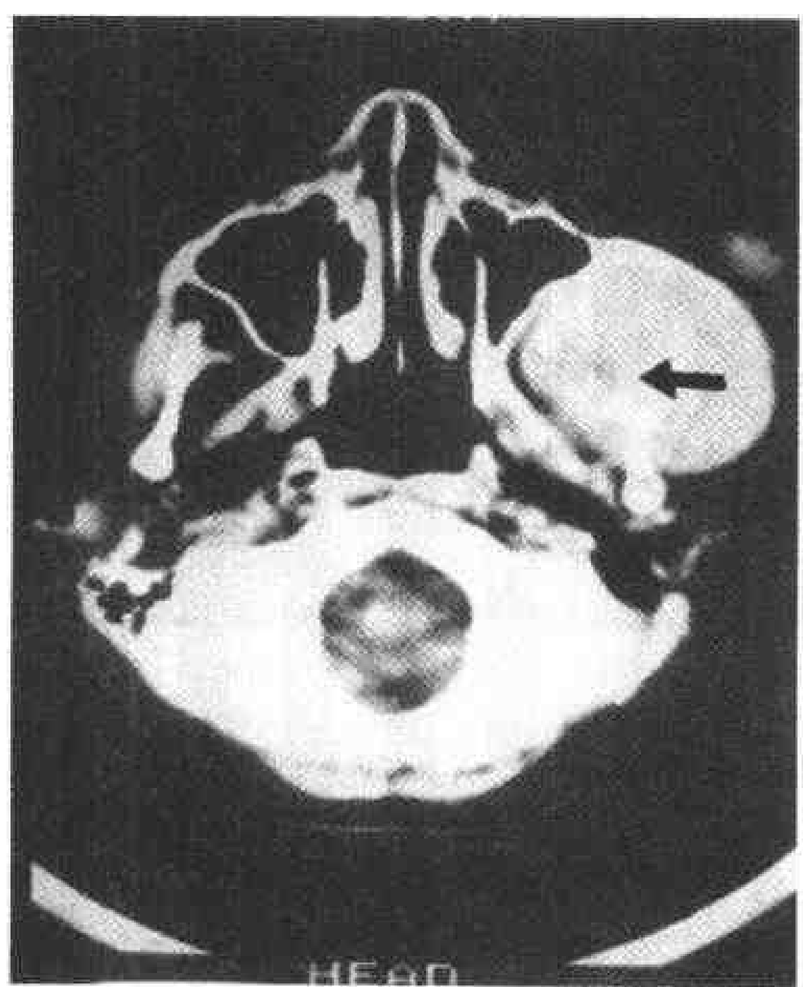


图17-3-23 骨髓瘤
左侧颞下间隙密度増大肿块，呈类圆形，边缘清楚，肿块内为下颌骨不规则破坏，左上颌窦外后壁受压（↑）

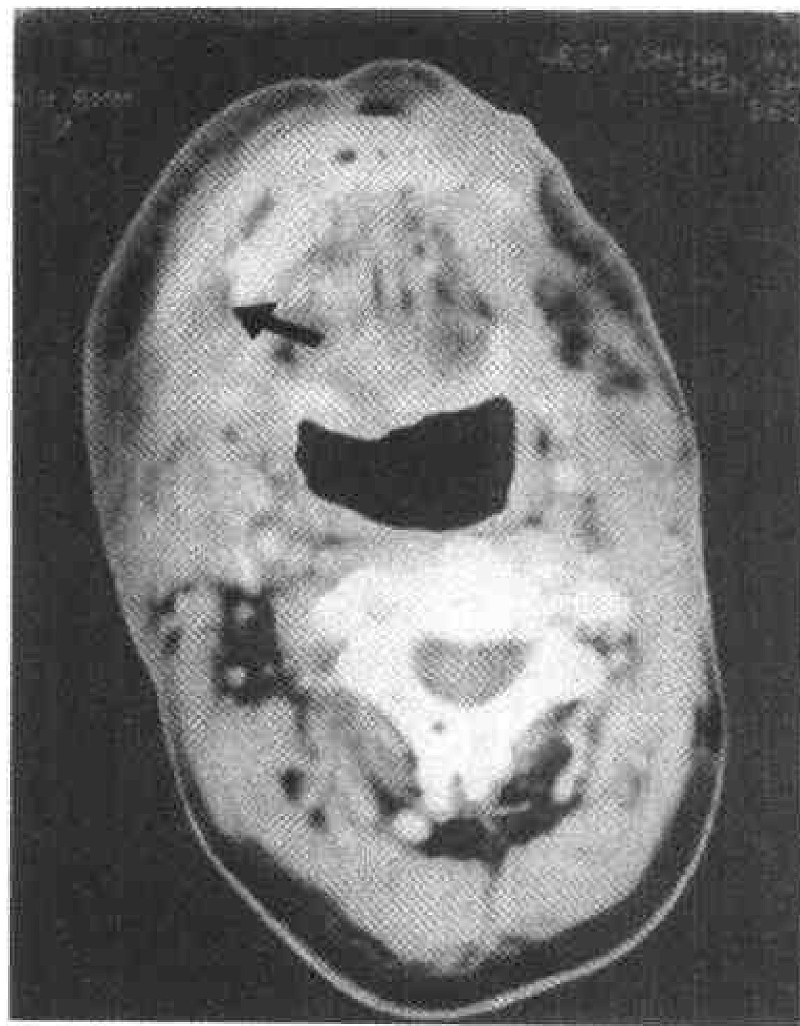
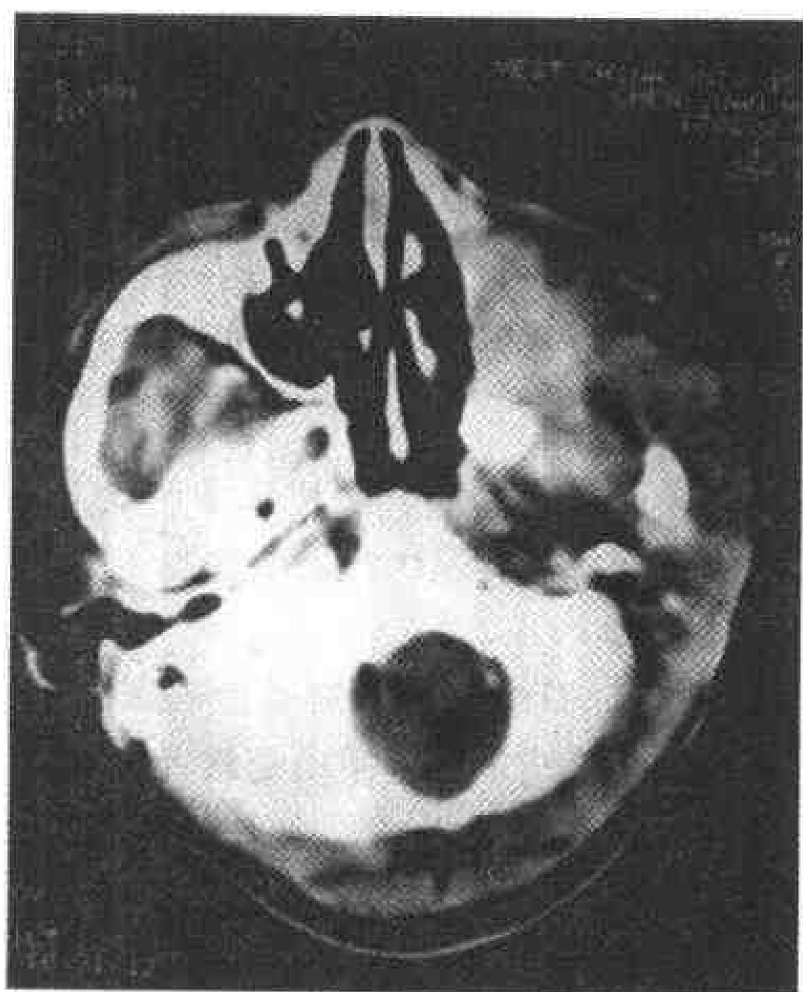
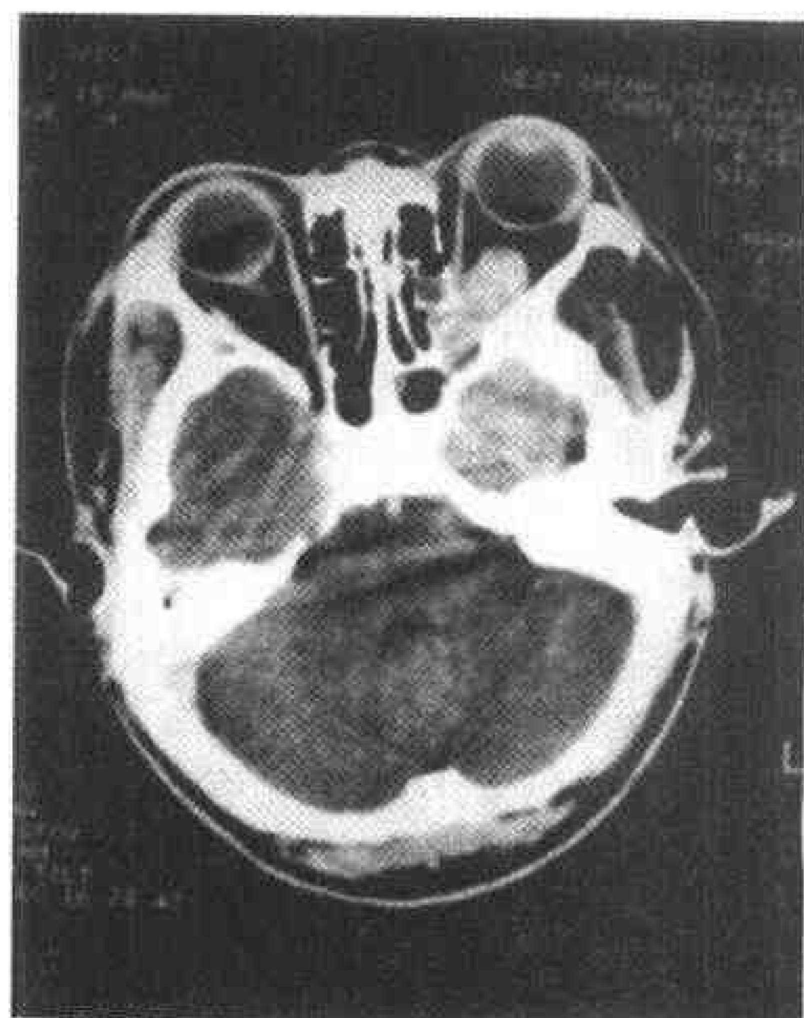


图17-3-24 颌骨中央性鳞癌（术后复发）
右下颌角及升支溶骨性破坏，边缘不整齐（↑）



（1）



（2）

图17-3-25 转移瘤（黑色素瘤）
（1）左侧颌骨溶骨性破坏；（2）颅底及眼眶内软组织肿块



(1)



(2)

图 17-3-26　腮腺癌

(1) 右侧腮腺腺癌，肿块边缘不清，皮肤浸润；(2) 左侧腮腺粘液表皮样癌，不均匀强化，向左咽旁浸润

转移多见，亦可经淋巴道转移。常见者有甲状腺癌、肝癌、乳腺癌、成骨肉瘤等。可发生于下颌骨或上颌骨和颅骨等。

CT表现　常为溶骨性，亦可为成骨性。颌骨呈溶骨性破坏，边缘不整齐。单个或多数，大小不一。颌骨破坏区可稍膨大。增强 CT 呈均匀强化。邻近颌骨的恶性肿瘤，如鼻咽癌、鼻窦癌等，亦可侵及颌骨及颌面部软组织间隙、颅底骨质等。根据原发恶性肿瘤灶史，一般诊断不难（图 17-3-25 (1) ~ (2)）。

(七) 涎腺癌

口腔颌面部涎腺恶性肿瘤可为原发或继发。以腮腺多见。原发者如腺癌、腺样囊性癌、粘液表皮样癌、恶性淋巴瘤等。以中老年人多见。继发者如颌骨鳞癌、鼻咽癌等侵犯。

CT表现　腮腺肿大，分叶状肿块，边缘模糊，密度不均。碘油导管造影呈斑状影，结构紊乱。腮腺包膜不完整，可向周围结构侵犯，并伴颈淋巴结肿大（图 17-3-26 (1) ~ (2)）。

四、口腔颌面部外伤

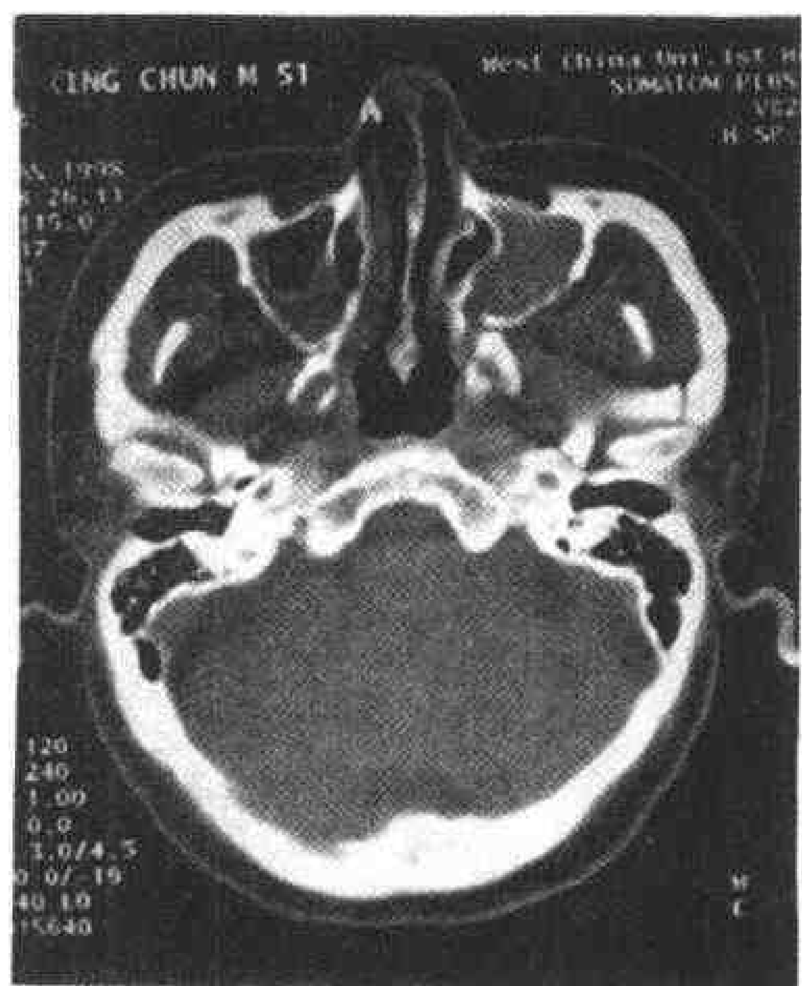
口腔颌面部外伤相当常见，并常与颅脑或身体其他部位损伤伴发。因致伤原因、部位、暴力大小和方式等不同，其损伤程度、类型亦不一。根据外伤史、临床和X线检查，可确定诊断。但对重叠多或复杂性骨折，CT 检查更易于了解颌面部骨折与脱位、数目、类型、移位或脱位的程度以及颅内并发症等。三维 CT 重建像，更直观清楚，有助对骨折的整形修复。

根据口腔颌面部骨折的部位，可分为下颌骨、上颌骨、牙槽突、颧骨和颅底骨折，单独或多发、一侧或双侧骨折等。

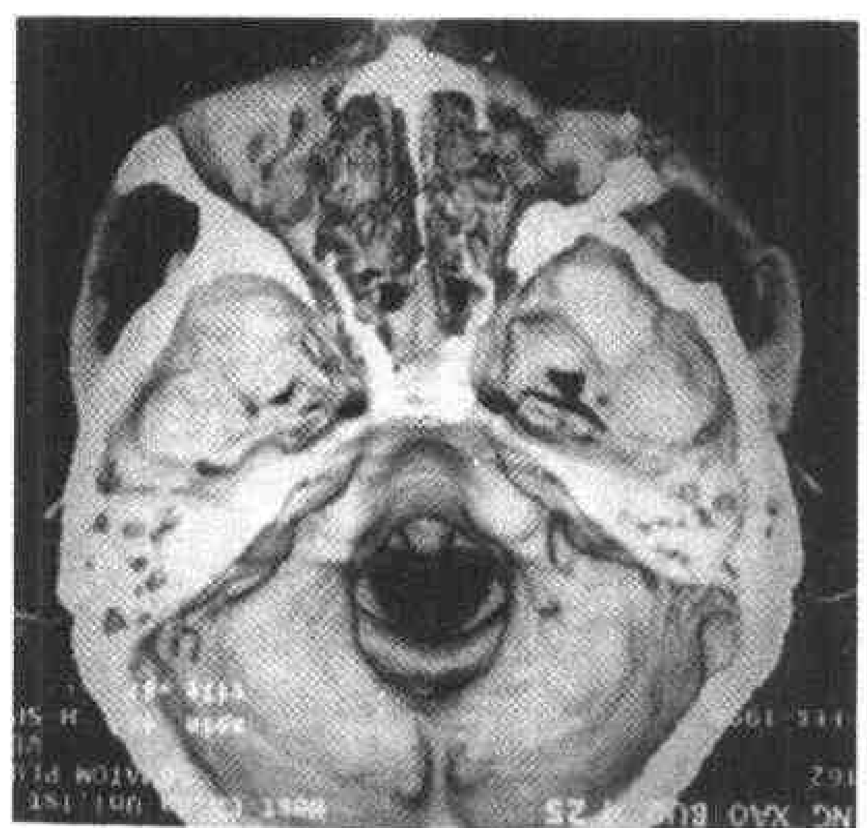
(一) 上颌骨骨折

上颌骨骨折常发生于骨质薄弱或骨缝处。根据骨折发生位置的高低不同，Le Fort 将其分为三型：Le Fort Ⅰ型骨折，位于梨状孔下缘、上颌结节上方及翼突；Le Fort Ⅱ型骨折，位于鼻根、眶内下壁、上颌颧突缝及翼突；Le Fort Ⅲ型骨折，位于鼻根、眶部、颧骨上方及翼突。以上骨折可单独或合并发生，亦可仅一侧。常同时有鼻窦、眼眶、颅底或颅内损伤。

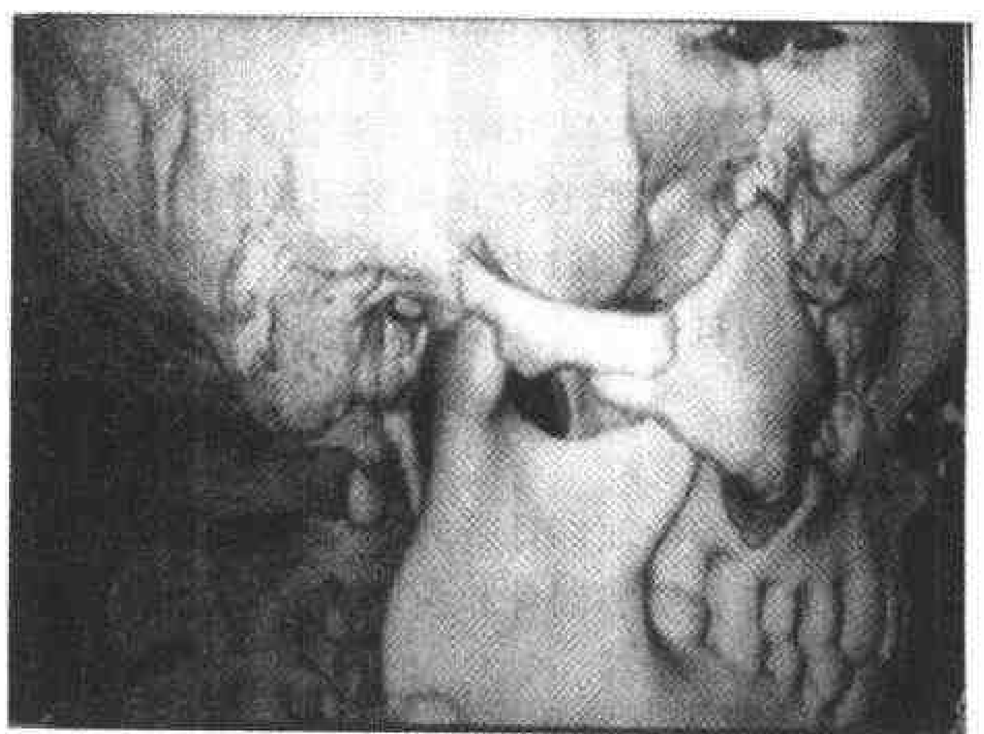
CT 表现　根据上颌骨骨折的不同类型，横断位上可显示骨折线呈纵形、斜形、折线形，并致上颌窦骨壁畸形，窦腔积液，颧弓骨折，翼突内外板骨折等。三维 CT 重建像可直接显示骨折线的部位及走向、移位（图 17-3-27 (1) ~ (4)）。



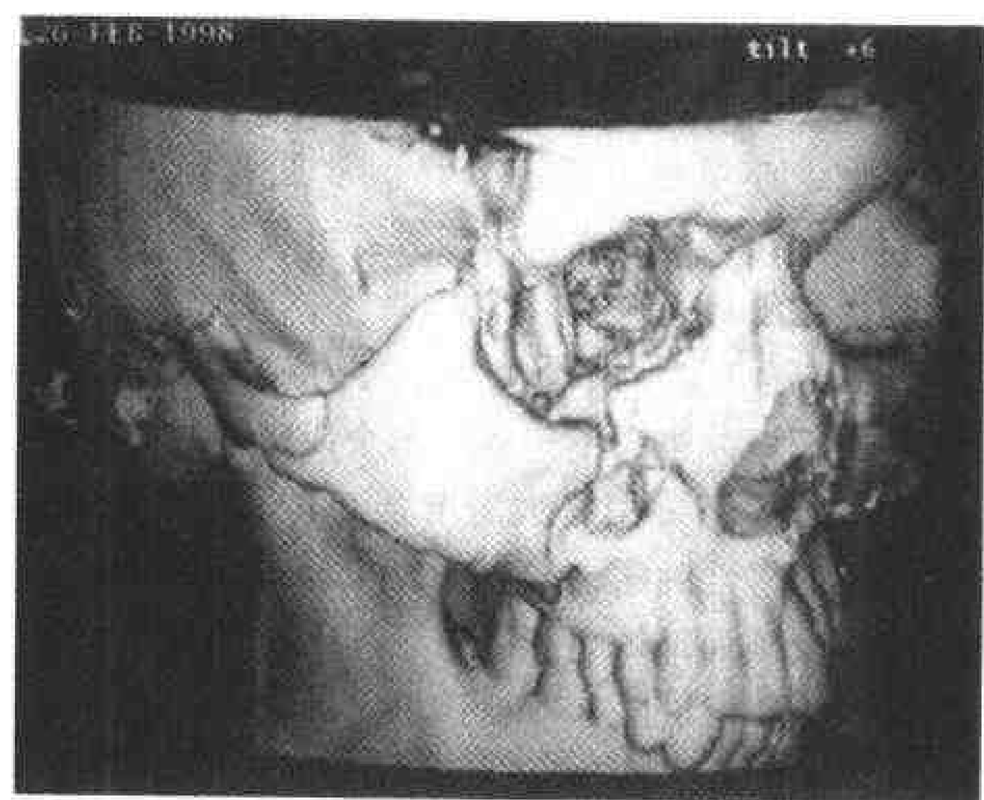
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-3-27 上颌骨骨折
(1) 左上颌窦及翼板骨折，伴颧弓骨折；(2) 三维 CT 横断面上面观；
(3) ～ (4) 三维 CT 侧面和斜面观

(二) 颧骨骨折

颧骨骨折常见于颧骨弓，亦可位于颧骨，且常合并上颌骨骨折。

CT 表现 横断位显示颧弓骨折，折端内移成角畸形，并同时显示上颌骨、颧骨骨折或颞下颌关节脱位等（图 17-3-28（1）～（2））。

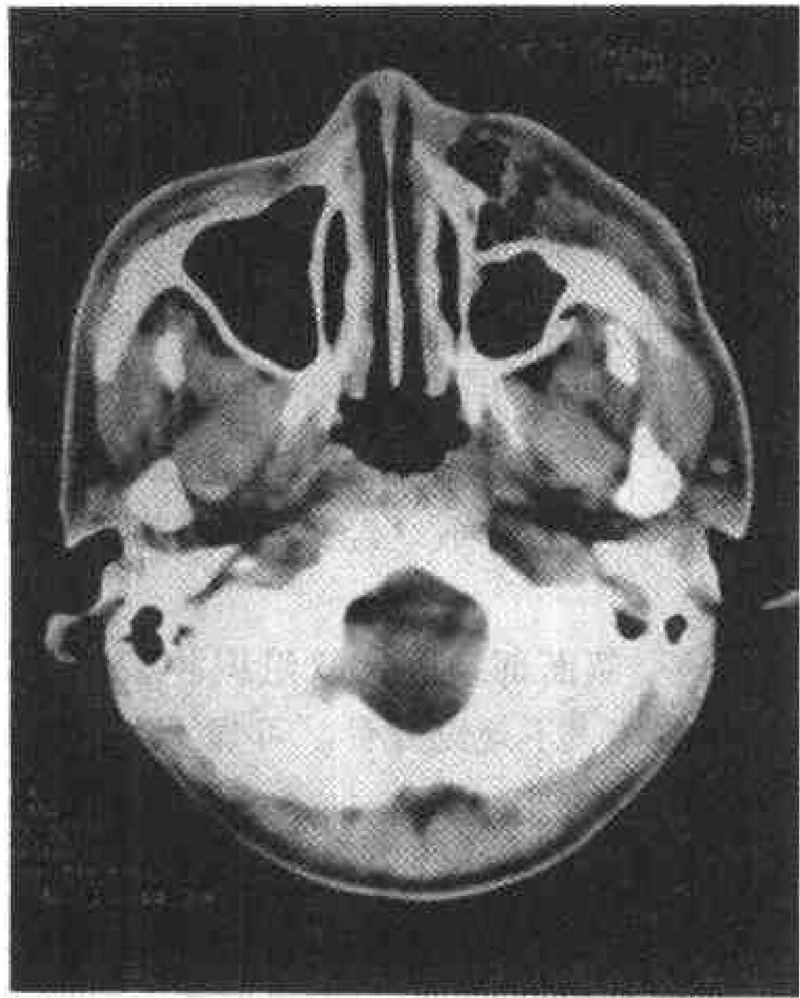
(三) 下颌骨骨折

下颌骨骨折易发生于正中联合、颏孔、下颌角及髁状突颈处。

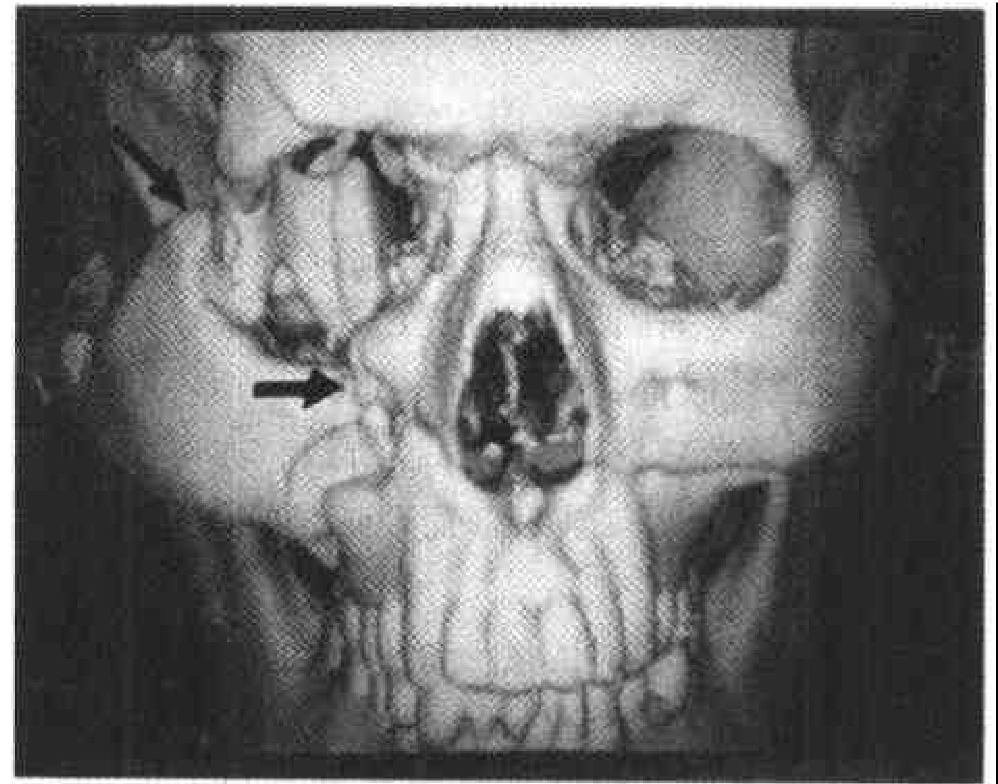
CT 表现 下颌正中联合骨折线影清晰，可累及下牙槽突，并伴牙折、牙移位或脱落。横断位，折线呈前后纵形或斜形。冠状位，折线呈上下纵形或斜形。如移位，断端更明显。

下颌颏孔骨折可单侧或双侧发生。横断位，内折端常向内后移位，对位不良。冠状位，内折端常向上内移位，外折端常向内下后移位。双侧颏孔骨折，内折端向后内移位。

下颌角骨折，横断位上，外折端下颌升支常向

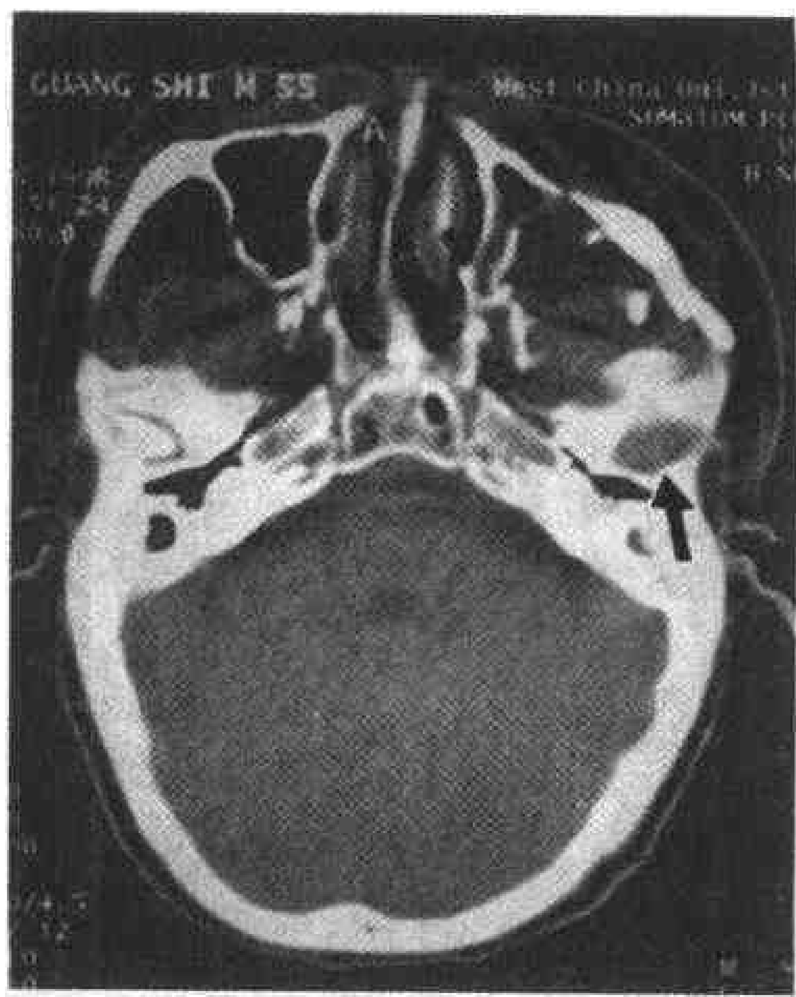


(1)

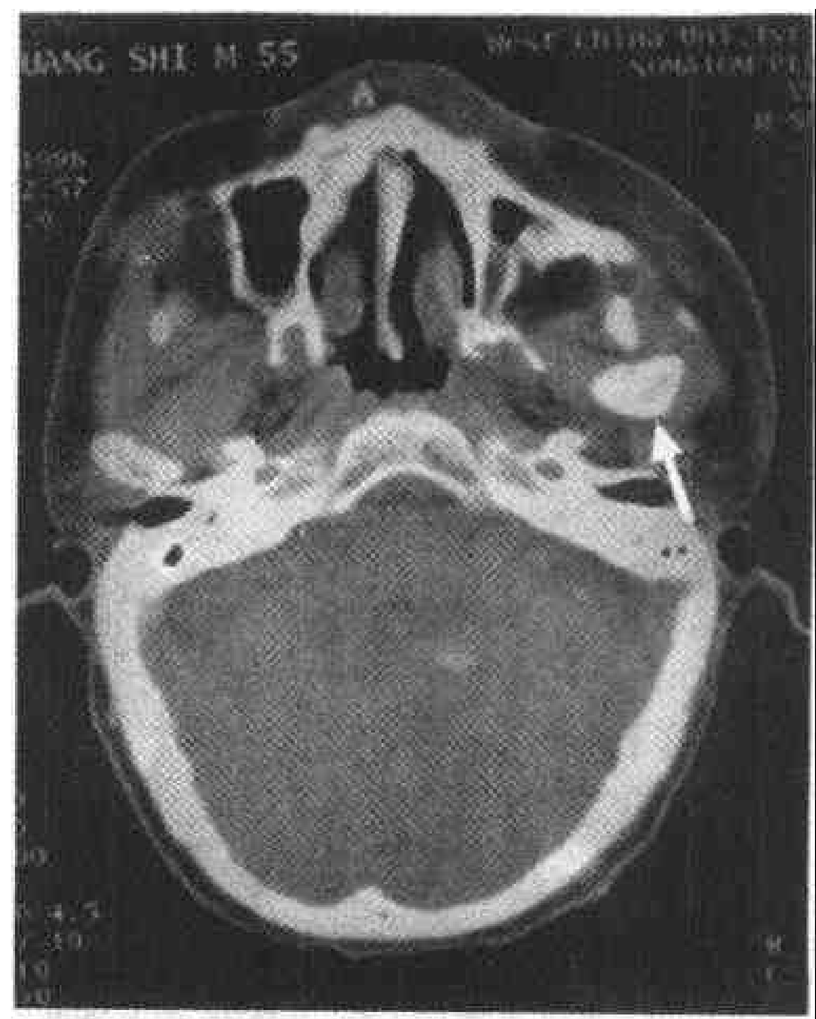


(2)

图 17-3-28 左上颌骨Ⅲ型骨折
(1) 左上颌窦前壁骨折移位，皮下积气；(2) 三维 CT 正面观，示右眶外侧壁及上颌前壁骨折（↑）



(1)



(2)

图 17-3-29 左颞颌关节脱位
(1) 左下颌髁状突向前脱位，颞下窝空虚（↑），左上颌骨骨折，窦腔变形；(2) 同上病例，左下颌髁状突脱位（↑）

内后移位。

下颌髁状突骨折常为双侧，亦可一侧。横断位上常见于髁状突颈部，下颌升支向内弯移位，并伴髁状突向前内脱位，颞下颌关节失去对应关系（图 17-3-29（1）～（2））。

（四）牙槽突骨折

牙槽突骨折可单独或同时发生于上、下颌骨，并伴其他面骨骨折、牙折及脱位。

CT表现 横断位可见上、下颌骨牙槽突有纵形、斜形折线，并伴牙折。骨窗像易于显示与诊断。

五、口腔颌面部感染

口腔颌面部感染分化脓性、结核性、真菌性、物理性和化学性等病因，以化脓性最常见。

（一）牙源性颌骨骨髓炎

化脓性颌骨骨髓炎常由牙源性所致，亦可为外伤性、血源性发生。病原菌以葡萄球菌、链球菌、变形杆菌等常见。

牙源性骨髓炎可有中枢性和边缘性两种类型，以前者多见。青壮年好发，下颌骨尤易发生。

1. 中枢性颌骨骨髓炎 根据病情又可有弥散破坏期、局限期、新骨形成期和痊愈期。

CT表现 早期下颌角、下颌升支或乙状切迹处软组织肿胀，骨质稀疏，骨内斑点状破坏及死骨形成；后期周围骨质增生硬化，骨边缘可破坏缺损。

2. 边缘性颌骨骨髓炎 主要为牙源性感染，以冠周炎所致多见。骨质破坏较轻，并有咬肌下间隙感染，骨膜增生较明显。

CT表现 早期颌面部软组织间隙模糊，边界不清。黄型者有颌骨破坏，主要为边缘骨质缺损、小死骨形成，骨质及骨膜增生较明显（图17-3-30、31、32）。

（二）婴幼儿颌骨骨髓炎

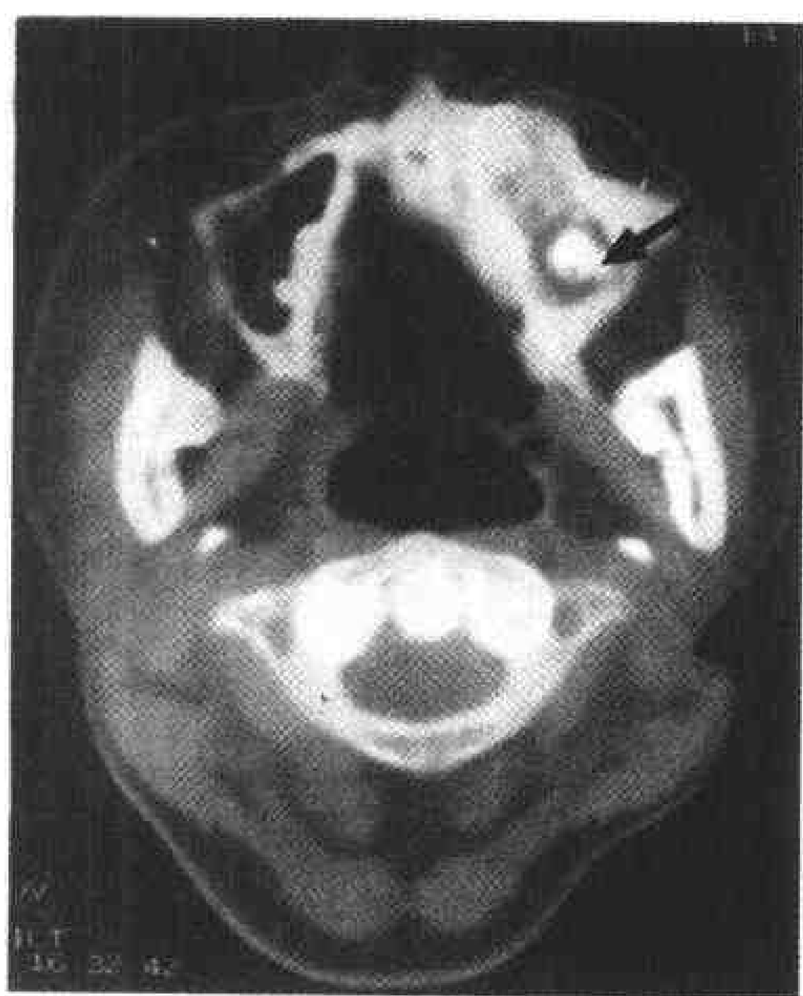
婴幼儿颌骨骨髓炎以上颌骨多见。主要为血源性感染所致。上颌面部肿胀，鼻腔流脓性分泌物，皮肤破溃流脓，瘘管形成。经久不愈，可导致颌面部发育畸形。

CT表现 颌面部及眶窝软组织肿胀，上颌骨斑点状骨质破坏，不规则死骨。可显示上颌窦骨壁骨质缺损。

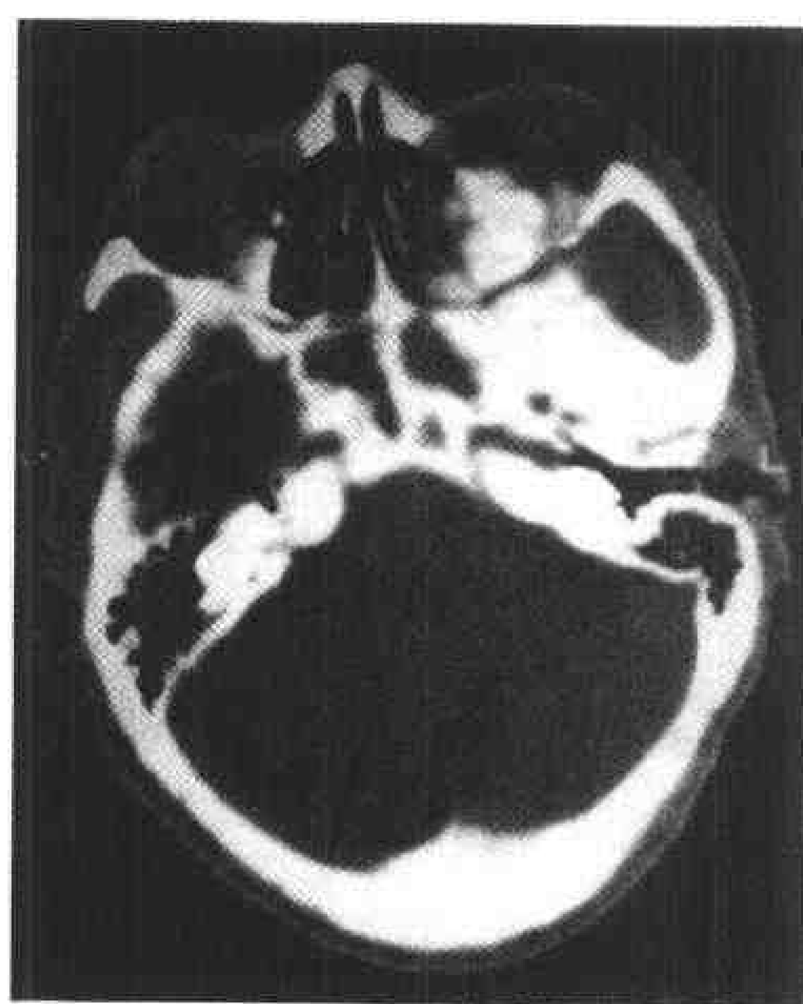
（三）化脓性鼻窦炎

口腔颌面部化脓性鼻窦炎以上颌窦最常见，次为筛窦，额窦和蝶窦较少 。感染重者，可致鼻窦骨膜炎或颌面、颅底骨髓炎，向颅内、眶内或颞下软组织间隙等蔓延。单独、单侧或全鼻窦均可发生。

CT表现 急性期，鼻窦呈局限或弥漫性密度增高，窦壁内弧形粘膜肿胀，可显示液面，骨质无破坏。慢性期，窦腔粘膜增厚呈息肉状或囊肿状充盈缺损。含蛋白高者，密度更高。窦壁骨质增厚，



（1）



（2）

图17-3-30 颌骨骨髓炎

（1）左上颌骨齿槽突破坏，死骨形成（↑），周围骨质增生硬化；（2）左上颌骨、蝶骨骨质增生硬化，伴慢性蝶窦炎



图 17-3-31 颌骨中枢性骨髓炎
左下颌骨升支骨质增生硬化并增大，内有破坏灶，咬肌肿胀增厚

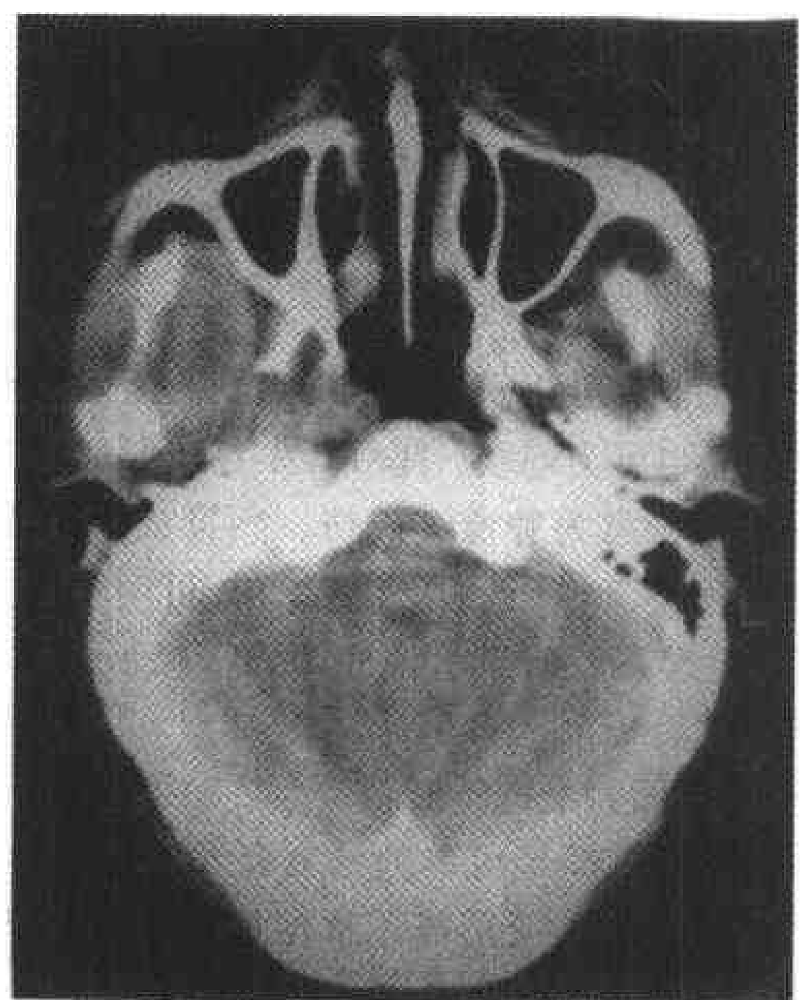
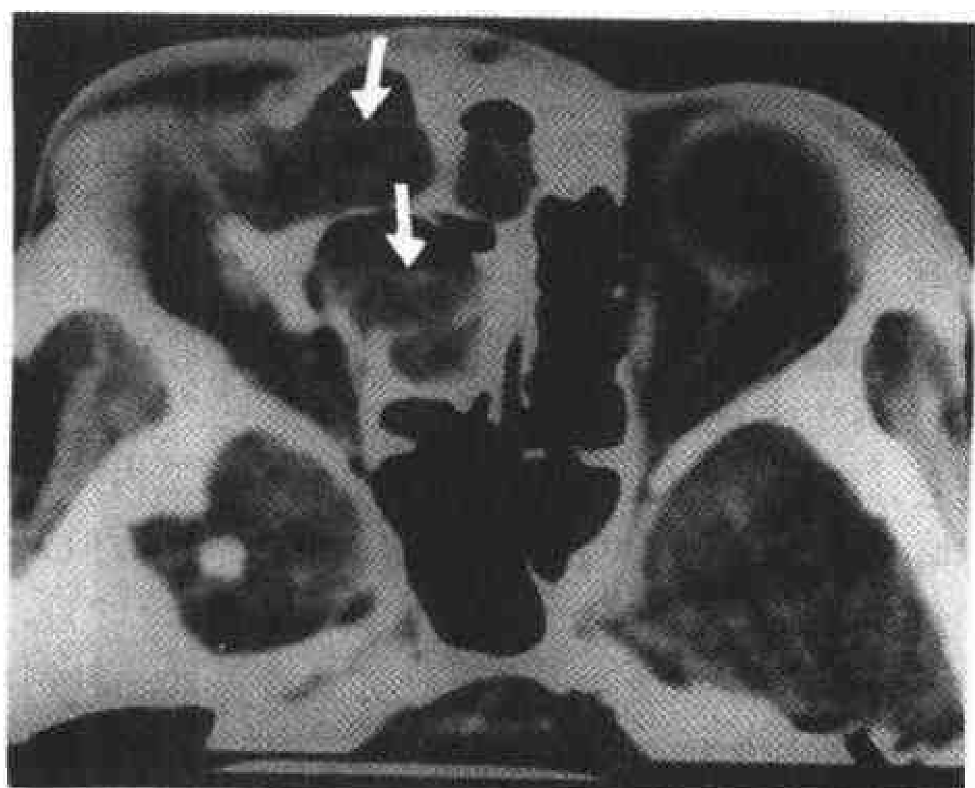


图 17-3-32 右颞下间隙蜂窝织炎
右颞下间隙不清，翼肌边缘模糊，软组织肿胀，右乳突硬化



(1)



(2)

图 17-3-33 化脓性鼻窦炎
(1) 急性右额筛窦炎，窦腔气液面（↑）；(2) 慢性左上颌窦、蝶窦炎，密度增高（↑）

窦腔缩小。筛窦蜂窝分隔增粗，界限不清，半月裂及漏斗部狭窄。常伴鼻岬肥大，鼻道狭窄，鼻腔息肉。如骨质破坏，可显示透明区及死骨（图 17-3-33（1）～（2））。

六、口腔颌面部先天畸形

口腔颌面部畸形分先天发育畸形和病理性或术后畸形等。前者可为髁状突、喙突、巨颌、小颌等发育畸形。也可为鳃裂、鳃弓等发育畸形。病理性或术后畸形，可为肿瘤、外伤、感染或手术等所致。根据病因、临床和 X 线检查，可明确诊断。采用 CT 检查亦有助显示口腔颌面部畸形的位置、程度和病因诊断。

（一）颌面骨发育畸形

颌面骨发育畸形可单独或复合发生，可过大，过小，部分缺如、变形等，常使颌面部外形不对称。

CT 表现　横断位可显示髁状突、喙突发育不对称，一侧过大、过小或变形。上颌骨或下颌骨一侧过大、过小或变形。冠状位亦能显示上述改变。上颌骨两侧发育不对称，可使上颌窦亦不对称，一侧气化不良，骨壁增厚等。同时，CT 还可显示发育异常侧软组织萎缩，如咬肌、翼外肌等不对称，软组织间隙增宽变形等。

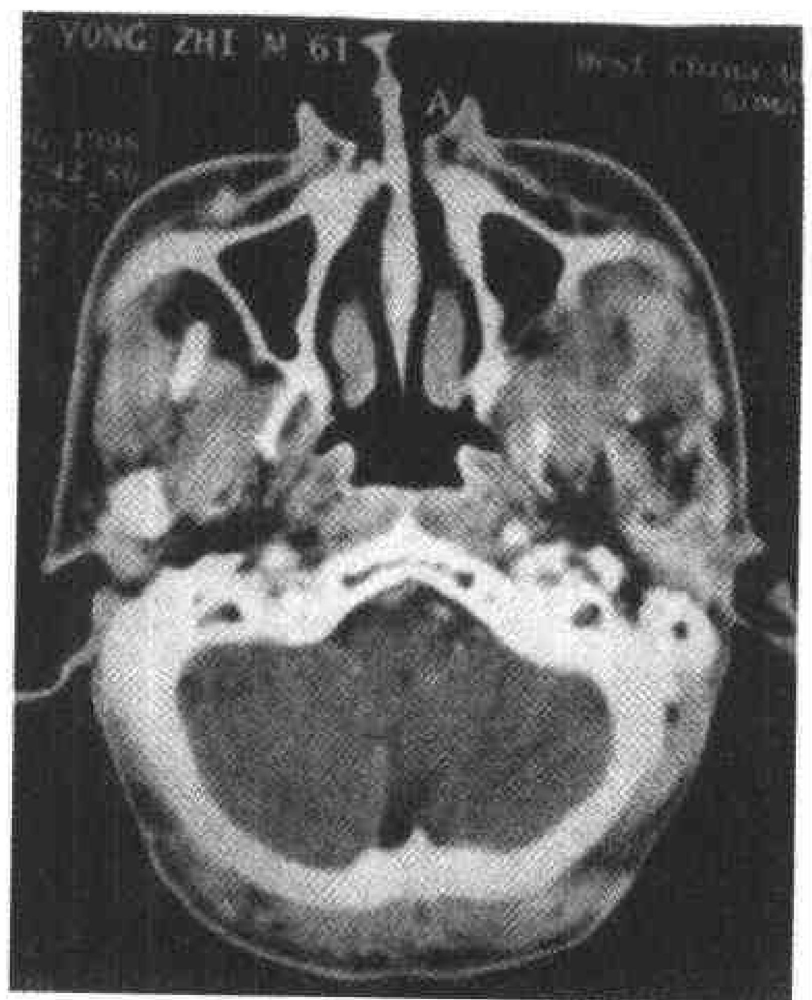


图 17-3-34　左颞下窝纤维腺瘤术后左下颌升支、髁状突、翼板缺损、术区纤维化，上颌窦壁缺损

（二）病理性颌骨畸形

病理性颌骨畸形常由肿瘤、外伤所致，已在相关章节中描述。手术后，局部骨质缺损，畸形更为多见。如一侧上颌骨缺如，软组织凹陷。

CT 表现　如为肿瘤、外伤等病因，CT 横断位、冠状位或三维 CT 重建像，均可显示其部位、形态及病理改变特征，并有助病因诊断。

如为手术切除，可显示上、下颌骨部分或大部切除缺失。如为外伤，可显示伤后复位修复改变。腮腺肿瘤术后，一侧腮腺缺如，局部纤维化，并累及颌面软组织深部间隙变形。必须指出，肿瘤术后 CT 检查，不仅可显示术后畸形改变，还应观察有否肿瘤残留或复发，对进一步诊治更为重要。术后 CT 复查比较，比平片可提供更多影像学信息，对疗效及预后评估价值较大(图 17-3-34)。

七、口腔颌面部其他疾患

口腔颌面部疾患可由全身性系统性疾病，特别是内分泌性、代谢性、血液性及其他原因未明的疾病引起。其诊断应根据病史、临床及其相关检验，甚至病理检查等确定。

（一）组织细胞增生症

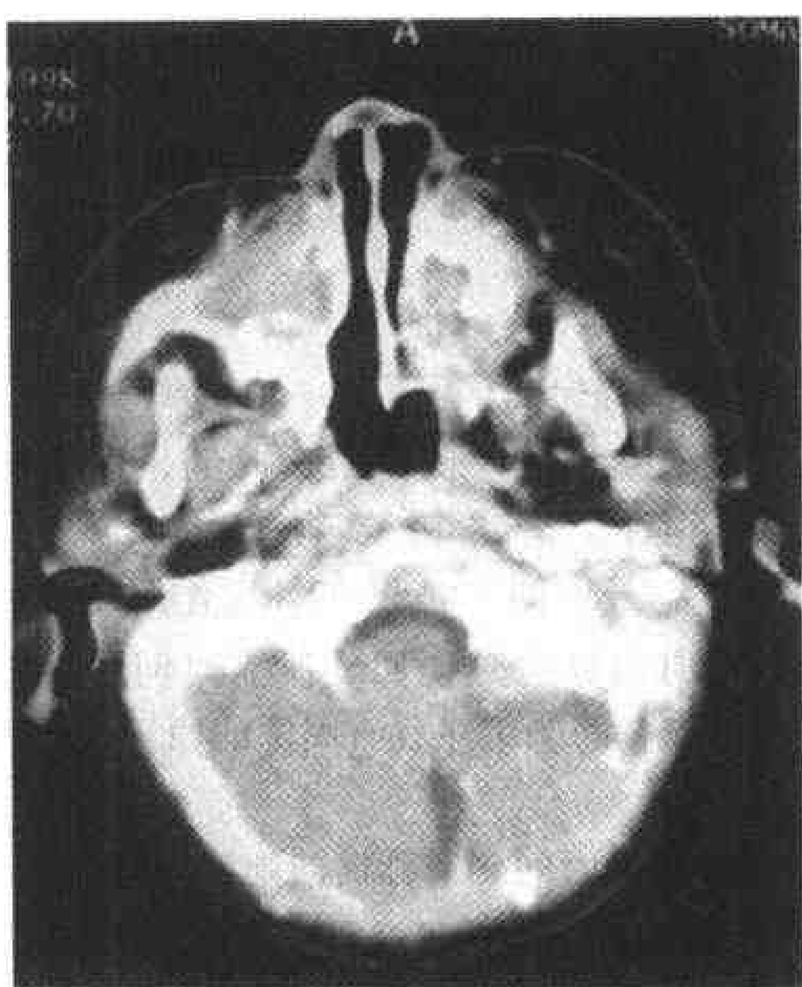
组织细胞增生症，又称朗格汉斯细胞增生症，分勒-雪病（Letterc-Siwe disease）、韩-雪-柯病（Hand-Schuller-Christian disease）和骨嗜酸性细胞肉芽肿（eosinophilic granuloma）等类型。

1. 韩-雪-柯病，又称黄脂瘤病。为骨骼的一种弥漫性网状内皮细胞增生。病变为多骨性，以颅骨易侵犯，可有颌骨、眶骨、肋骨、脊椎、髂骨等受累。临床上具有尿崩、突眼和颅骨地图样缺损等典型表现。多见于儿童，偶见于青年。

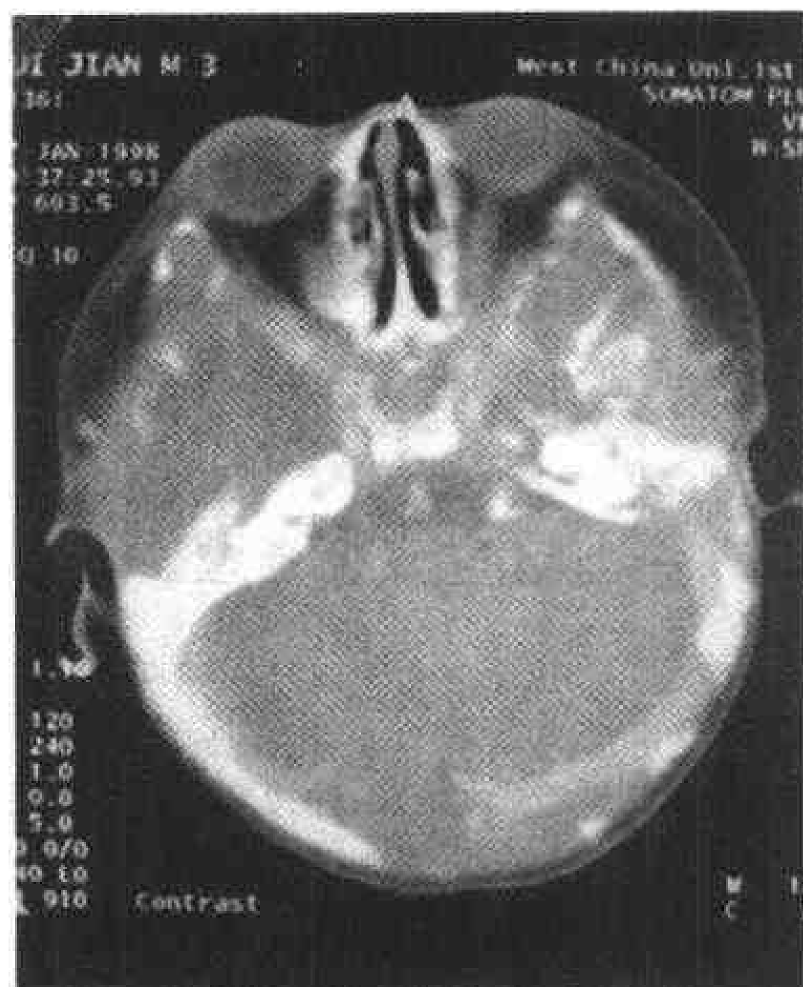
CT 表现　颅骨中以额顶骨多见，枕颞骨次之，可累及颌骨、眶骨及颅底骨。板障及内外板呈溶骨性破坏，不规则状。边缘清楚或模糊，但无软组织肿块及占位征象（图 17-3-35（1）～（2））。

2. 嗜酸性细胞肉芽肿，亦是骨骼的一种网状内皮细胞增生症。多起于板障，并破坏内外板。常单发，亦可多发。以青少年多见。

CT 表现　颅骨额顶骨、颌骨呈圆形或椭圆形破坏缺损，边缘清楚，但无增生硬化，无死骨。骨破坏区呈软组织肿块影像，轻度强化。



(1)



(2)

图 17-3-35 组织细胞增生症 X
(1) 双上颌窦、枕骨弥散性骨质破坏缺损；(2) 同上病例，眶骨、颞枕骨破坏、缺损，无软组织肿块突出



图 17-3-36 骨纤维异常增殖症
双上颌骨、蝶骨、颞骨骨壁增厚，弥漫性密度增高，窦腔变窄

(二) 骨纤维异常增殖症

骨纤维异常增殖症 (fibrous dysplasia of bone) 是一种慢性进行性骨疾病。颅面颌骨好发。骨骼为异常增殖纤维组织及新骨形成，弥漫性增大与增厚。以青少年好发。

CT 表现 横断位显示颅板、眶骨及颌骨弥漫增厚，外突。内有粗细不均骨质增生与囊状影，彼此交错。鼻窦腔闭塞，眶窝缩小。但无死骨（图 17-3-36）。

(邓开鸿)

第四章　磁共振检查

第一节　基 本 原 理

一、MRI 成像原理

磁共振成像（magnetic resonance image，MRI）是利用原子核的磁共振特性，采集其产生的信号，进行处理，获得重建影像的一种诊断技术。它是继CT之后的又一重大影像学进展。

（一）质子自旋性

任何物质的原子核，均具有自旋特性，其表现与陀螺沿着自身纵轴转动类似。原子核质子自旋结果，具有一定的矢量，形成一定强度的微小磁场。人体组织内含量最多的是氢原子。氢原子核仅含单个质子，性能最活泼和不稳定。当受到外加磁场作用后，就会顺其外磁场极性方向排列，易于发生磁共振现象。目前，临床应用的磁共振成像，实质上就是指的人体组织的氢质子成像。

（二）纵向磁化

将被检组织置于强静磁场中，其氢质子受到作用，顺着静磁场磁力线方向排列起来，达到磁化平衡状态，并形成一定的宏观磁化矢量。氢质子除自旋外，还围绕磁力线旋转，称为进动现象。进动频率的大小（W），与外加静磁场强度（Bo）、磁旋比（r）、原子核性质（^{1}H、^{31}P 等）之间有相关关系。

根据物理公式，W＝Bo·r，可求得其原子核的进动频率。进动频率，又叫 Larmar 频率。不同的原子核，在不同场强下，进动频率各不相同。

（三）射频脉冲

利用射频线圈，向静磁场内的被检组织，发射一个和氢质子进动频率相同的射频脉冲（radio frequency，RF），氢质子吸收能量，由低能级跃迁至高能级，其磁矩发生偏转。当达到90°时，氢质子纵向磁化消失，横向磁化矢量最大，自旋相位由纵向转变为横向。此时，若使射频脉冲终止发射，氢质子又受到静磁场作用，重新回复原纵向方向，同时释放吸收的能量。这种回复过程，叫做弛豫现象。

（四）弛豫时间

氢质子发生弛豫现象所用时间，即为弛豫时间。共有两种，即 T_1 和 T_2 弛豫时间。

1. T_1 弛豫时间　是指 90°RF 作用终止后，氢质子由横向向纵向磁化回复所需时间。回复过程中，将原吸收的能量释放给周围的原子核，以求稳定状态。

2. T_2 弛豫时间　又称横向弛豫时间，是指 90°RF 作用终止后，氢质子还能继续维持横向磁化的时间。氢质子原来的相位一致性发生改变，逐渐逸散、丧失。此一过程，仅有相位变化，而无能量传递。

人体不同正常组织或病变组织，T_1 和 T_2 弛豫时间，各有一定相对固定值，彼此存在着差异。这种差异，就是磁共振成像的物理基础。

二、MRI 机基本结构

磁共振机是根据磁共振成像原理研制的高精密医学影像设备。尽管磁共振机在成像质量、扫描速度和功能上各有不同，但其基本结构仍由磁体、梯度线圈、射频线圈、计算机系统和辅助设备等主要部分组成。

（一）磁体

MRI 机的磁体是产生高度均匀和稳定静磁场的重要部件。按产生磁场方式，分为永磁型、常导型和超导型。目前常用者，为超导型磁体，并推出了开放式、超短型和重量较轻等多种功能之磁体。按产生磁场大小，分为超低场（0.02～0.09T）、低场（0.1～0.3T）、中场（0.3～1.0T）和高场（1.0～2.0T）等。其中较通用者，为超导型中高场磁共振机。高场强磁共振机，不仅能常规作全身各系统、各部位的扫描成像，还能实现血管成像、血流灌注和弥散权重成像、脑功能成像、频谱分析、仿真内窥镜成像等。而且，扫描及成像速度极快，可与CT媲美。

（二）梯度线圈

一般由X、Y和Z轴等3个线圈组成，并安装于磁体内。梯度线圈的作用是产生梯度磁场，并能对被检组织作空间定位，作任一方向扫描层面（横断、冠状和矢状位等）选择。按照设定程序，改变磁场方向和强度，完成一定层面厚度的数字化空间编码。

（三）射频线圈

射频线圈的作用，是发射预先设置的射频脉冲。根据机器性能和被检部位的需要，可采用不同的射频脉冲序列组合方式，从而能够获得T_1加权、T_2加权和质子密度加权等磁共振扫描影像。

（四）接收线圈

接收线圈的作用，是在上述过程作用后，将被检部位组织中的氢质子发生的磁共振信号，进行采集和检测。一般磁共振机是把射频线圈，同时当作接收线圈来使用，兼具发射射频脉冲和接收磁共振信号两种功能。

（五）计算机系统

计算机系统是磁共振机的神经中枢，由主机和具有各种功能的硬件和软件等组成。它能高速、精确和有效处理巨大数据的磁共振信号，并和磁共振机其他各种部件，组网协同工作。

（六）辅助设备

磁共振机的辅助设备，根据功能的需要，繁简不一。最主要者有操作台、射频和磁体的屏蔽、储存器、冷却器、显示与照相装置等。

三、MRI影像特点

MRI影像同CT影像一样，都属数字化影像，并且均为断面影像。它们都以黑白程度不一的灰阶对比，显示被检部位，例如口腔颌面部的各种正常组织或病变的影像。但MRI影像与CT影像的本质不同，在于它是代表一定层厚组织或病变的氢质子含量与分布，以及在磁共振扫描中的氢质子弛豫状态。MRI影像在反映组织和病变特性上，比CT影像精细和复杂得多，故在许多方面更优于CT影像。

（一）口腔颌面部正常组织MRI影像特点

MRI影像是一种由多个参数构成的影像技术，在同一层面像上，主要有T_1加权像、T_2加权像和质子密度加权像分别显示出来。虽然都以黑白程度不一来表示，但它们在不同的加权像上，并不代表组织的密度高低，而是反映组织的信号强度大小。此种特点，必须牢记。一般而言，将其组织的MRI信号强度大小，表示为黑-低信号，灰-等信号，白-高信号。在同一组织的不同加权像上，常是黑白颠倒，截然相反，但亦可都相同，见表17-4-1。

表17-4-1 口腔颌面部组织在三种加权像中的MRI信号强度

组织类别	T_1加权像	T_2加权像	质子密度加权像
脂肪	高(白)	等(灰白)	高(白)
骨髓	等(灰白)	等(灰白)	等(灰白)
肌肉	等(灰黑)	低(灰黑)	等(灰黑)
骨皮质	低(黑)	低(黑)	低(黑)
软骨	等(灰白)	等(灰白)	等(灰白)
血管(快速)	低(黑)	低(黑)	低(黑)
体液	低(灰黑)	高(白)	低(灰)
腮腺	等(灰白)	等(灰黑)	等(灰黑)
气体	低(黑)	低(黑)	低(黑)

（二）口腔颌面部异常组织MRI影像特点

熟悉口腔颌面部正常组织MRI影像特点，有助于发现异常（或病理）组织的MRI影像表现及病理实质，对MRI诊断具有重要意义，见表17-4-2。

表17-4-2 口腔颌面部基本病变在三种加权像中的MRI信号强度

病变类别	T_1加权像	T_2加权像	质子密度加权像
液体（囊肿、水肿）	低(灰黑)	高(白)	低(灰白)
脂肪(脂肪瘤)	高(白)	等(灰白)	高(白)
纤维化	低(黑)	低(黑)	低(黑)
钙化灶	低(黑)	低(黑)	低(黑)
异常血管(AVM)	低(黑)	低(黑)	低(黑)
出血（正铁血红蛋白）	高(白)	高(白)	高(白)
肿瘤	低(灰黑)	等(灰白)	低(灰黑)
黑色素瘤	高(白)	低(黑)	高(白)

必须强调指出，口腔颌面部疾病的各自病因不同，病理改变多样或混杂存在，在不同的MRI加权像上，常是高、等、低（或白、灰、黑）信号混合存在，仅某些成分占主要优势而已。分析MRI影像时，应作深入细致的观察，结合临床资料，进行诊断与鉴别诊断。

第二节 MRI检查方法

一、适 应 证

1. 口腔颌面部占位性病变，特别是深部软组织及其间隙的肿瘤病变。

2. 口腔颌面部血管性病变，特别是位置深在的病变及与大血管的关系。

3. 颅颌面交界区病变，需确定病变的起源、发展方向以及颅颌面之间的通连关系。

4. 颅颌面外伤所致并发症，如对外伤性脑脊液鼻漏位置的判断。

5. 颞下颌关节疾病等。

二、禁 忌 证

1. 安置心脏起搏器、颅内动脉瘤术后银夹存留、义齿或牙齿金属嵌体等，无法取除者。

2. 急重病员不合作者或需用呼吸机者。

3. 幽闭恐惧症者。应用开放式短磁体型MRI机，则可以克服幽闭恐惧心理状态。

三、MRI检查分类

口腔颌面部MRI检查，根据病情，可有平扫描、增强扫描、MR血管成像、关节扫描和脂肪抑制技术等主要扫描方法。

四、MRI扫描方法

1. 口腔颌面部MRI扫描，常规为横断位。根据需要，加用冠状位和矢状位。

选择MRI扫描成像位置，与梯度磁场相关。根据梯度线圈的X、Y、Z轴三个方向，用不同射频脉冲激发在不同成像位置上的氢质子，进行横断位、冠状位和矢状位扫描。

2. 层厚及扫描野　MRI扫描时，应先行定位像。一般取矢状位划线，定扫描平面、层厚及扫描野范围。一般层厚2～10mm，扫描野应包括整个口腔颌面部及颅底区。

3. 脉冲序列　MRI扫描脉冲序列有多种组合形式，如自旋回波序列、部分饱和序列、反转恢复序列和小角度快扫序列等。其中，运用最多的是自旋回波序列（spin echo pulse sequence）。

根据自旋回波序列，恰当选择扫描参数，即不同的脉冲重复时间（TR）和回波时间（TE）组合，使某一扫描参数在成像过程中，起主导作用，以获得在同一个层面，都具有T_1加权、T_2加权和质子密度加权等不同特点的MRI影像，见表17-4-3。

表17-4-3 口腔颌面部自旋回波序列扫描参数

加权影像	TR(ms)	TE(ms)
T_1加权像	短(200～600)	短(20～25)
T_2加权像	长(2000～4000)	长(90～120)
质子密度加权像	长(2000～4000)	短(40～60)

4. MR增强扫描　口腔颌面部MR扫描，当有某些病变显示、需要准确定位和定性时，可加用顺磁性造影剂，如国产磁显葡胺，行MR增强扫描。顺磁性造影剂是一种钆的螯合物，含有7个不成对电子，能显著缩短病变中氢质子的T_1弛豫时间，使病灶信号增高，即达到病变增强效果。其方法是用磁显葡胺造影剂、按体重0.1mmol/kg静脉注射后，使用T_1加权的同样参数扫描。

第三节 正常口腔颌面部MRI表现

在磁共振扫描中，通常以自旋回波序列，T_1加权像显示口腔颌面部的解剖结构最好。

一、横 断 位

（一）眼眶平面像

口腔颌面部的眼眶中部平面像，显示双侧眼眶、眼球及球后肌圆锥、鼻骨、双侧筛窦蜂窝、蝶窦等。筛窦和蝶窦呈低信号黑色影像。蝶窦两侧为颞叶，后方为桥脑、第四脑室及小脑。颞叶后方低信号黑色影像为岩锥及乳突（图17-4-1（1））。

（二）枕骨斜坡平面像

口腔颌面部的枕骨斜坡平面像，显示斜坡呈人字形的稍高信号灰白影像，前方为鼻中隔、鼻腔、鼻岬、上颌窦、蝶窦。鼻腔、鼻窦为低信号黑色影像。鼻窦外后侧方为翼外肌、喙突、颞肌、颧弓。肌肉呈等信号灰色影像。斜坡两侧为岩尖、乳突、外耳道软骨段及前方的颞下颌小头，后者呈高信号白色影像。斜坡后方为延髓及小脑半球（图17-4-1

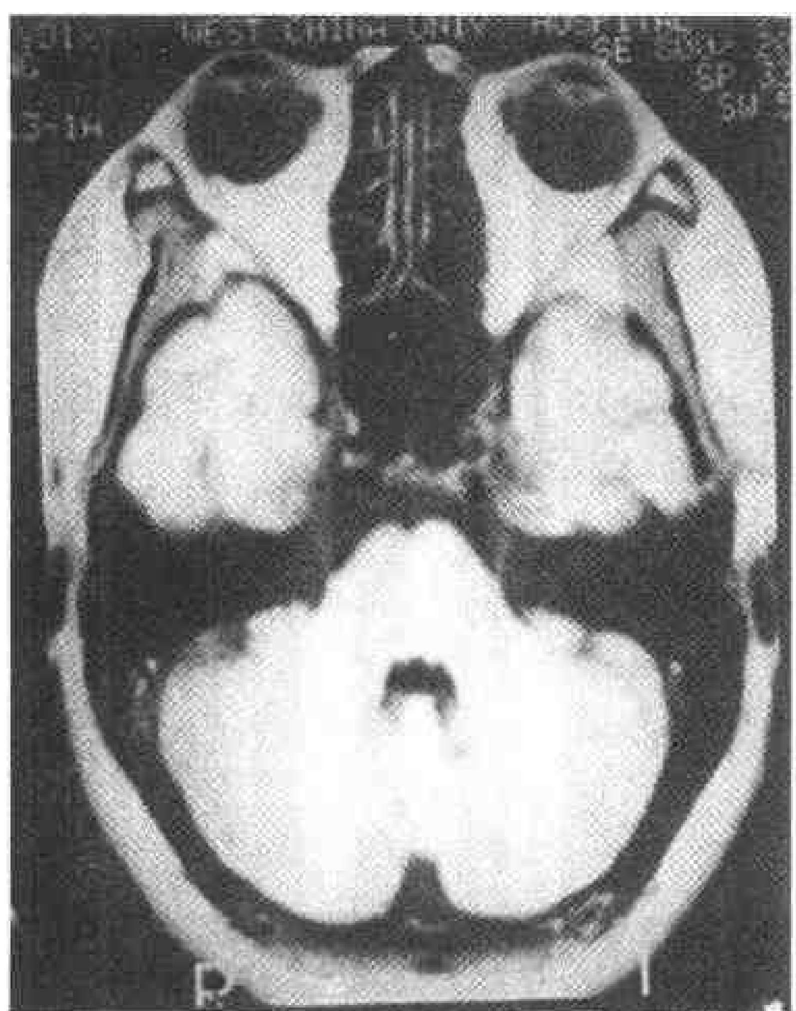
(2))。

（三）鼻咽腔平面像

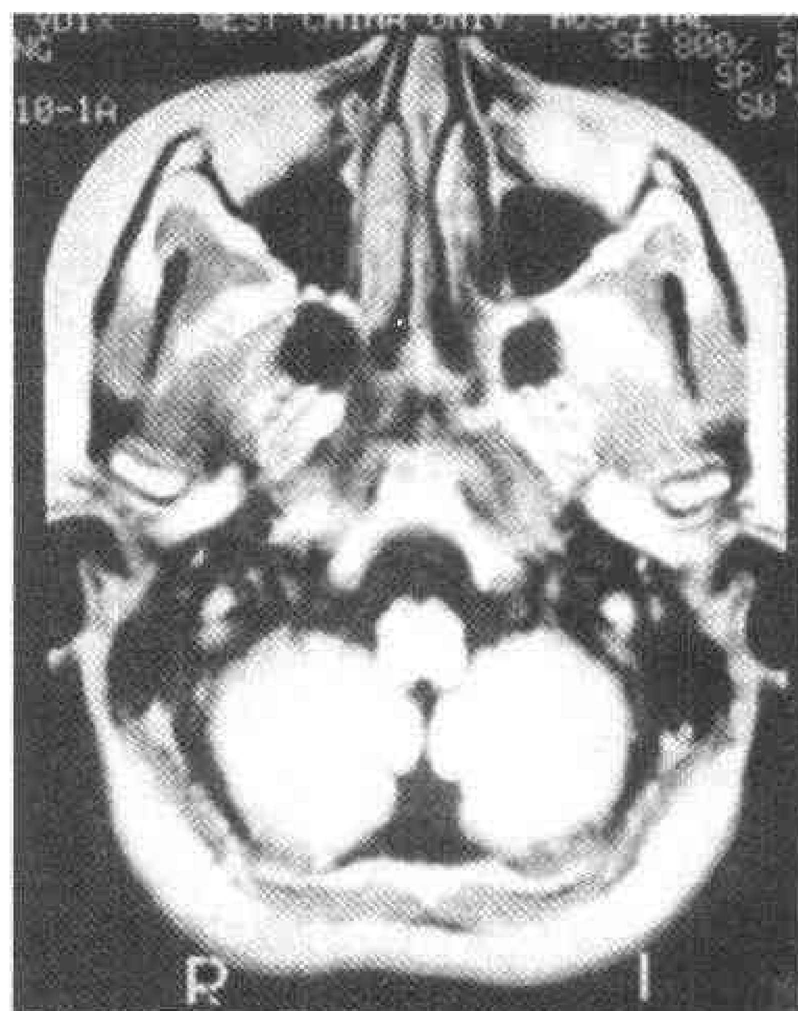
口腔颌面部的鼻咽腔平面像，显示鼻咽腔呈梯形低信号黑色影像，两侧壁可见咽口、咽隆突、咽隐窝。两外侧依次见咽旁间隙、翼外肌、下颌升支、咬肌。前方为鼻中隔、鼻腔、鼻岬、上颌窦及其颞下间隙。后方为头长肌，颈动脉间隙内之颈内动脉、颈内静脉。血管呈低信号流空黑色影像。其外侧为腮腺，后方为椎管及颈脊髓（图 17-4-1 (3))。

（四）口腔平面像

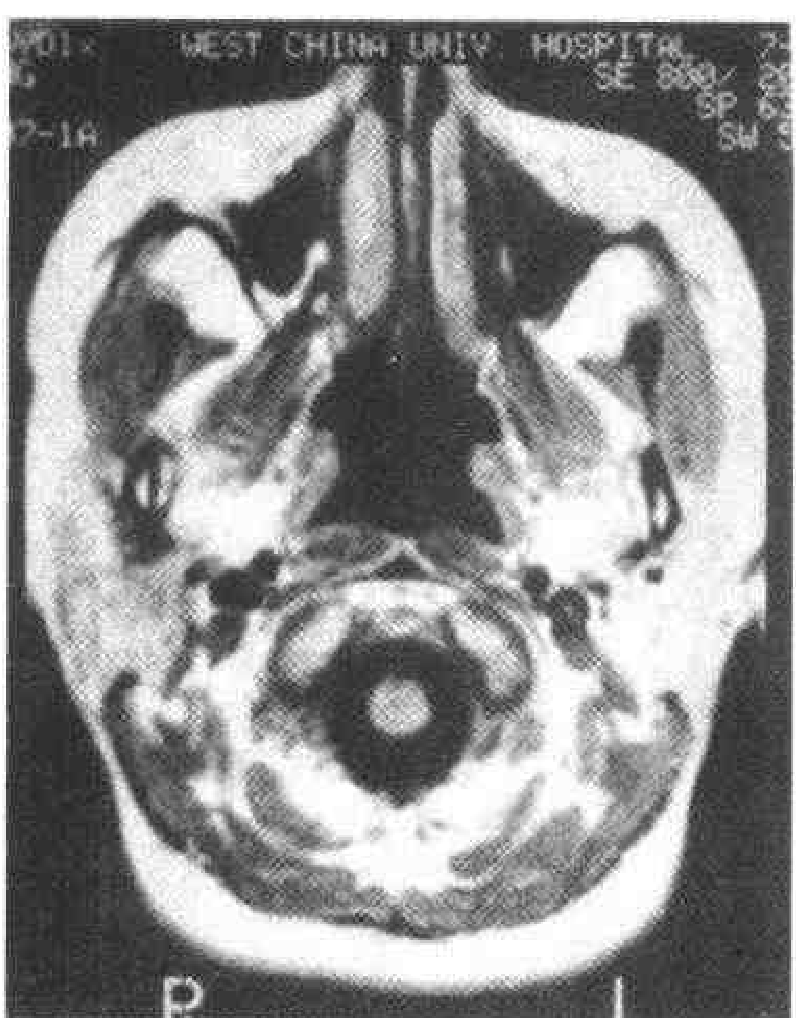
口腔颌面部的口腔平面像，显示中央为口腔及舌影。前方为下颌牙槽突。后方为口咽腔，两旁分别与口咽旁间隙、翼内肌、下颌骨、咬肌。后方为环枢椎及椎管、颈脊髓。两旁为颈内动脉、颈内静脉、腮腺等（图 17-4-1（4))。



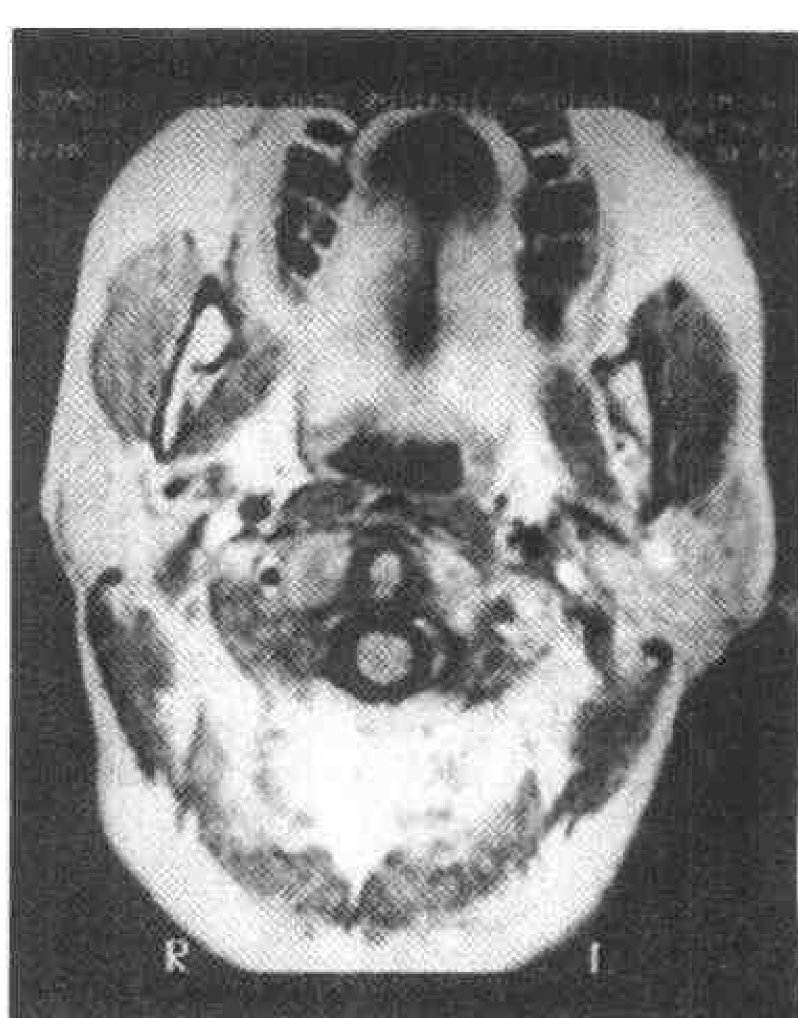
(1)



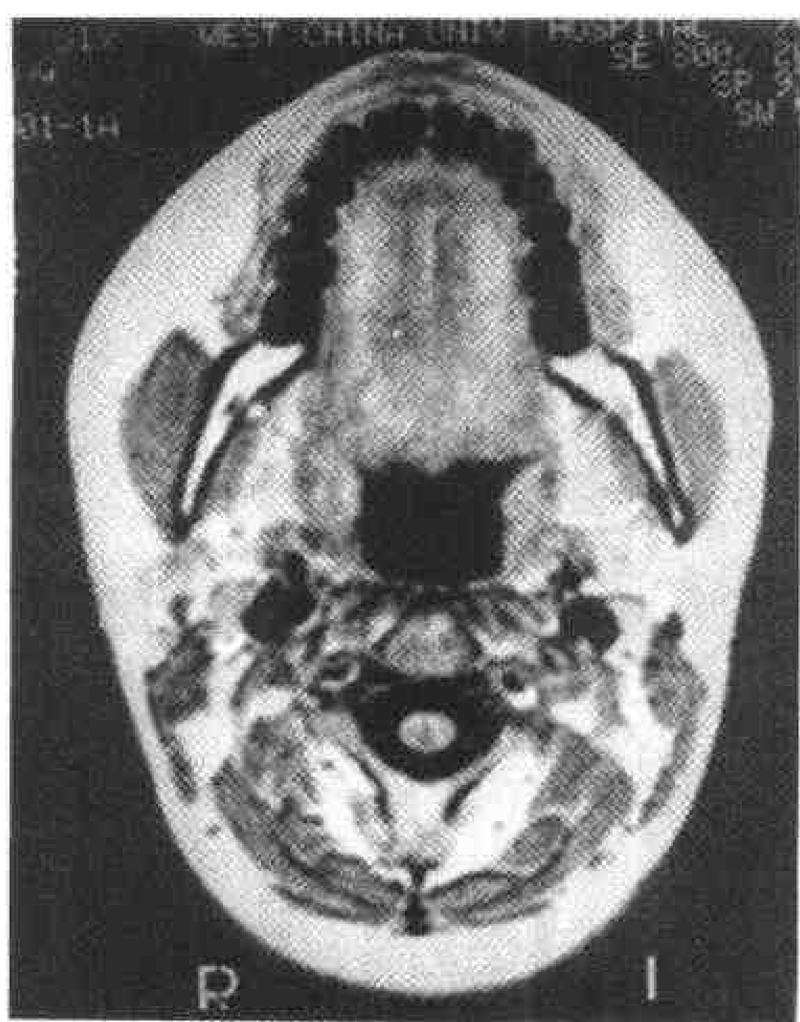
(2)



(3)

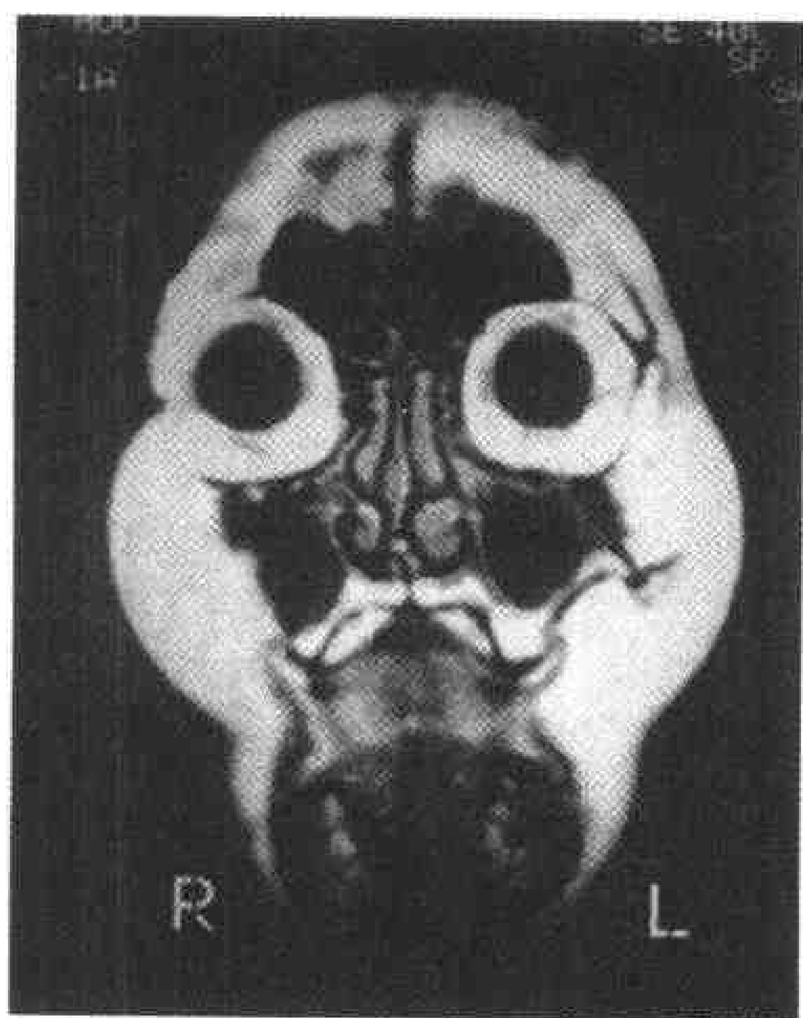


(4)

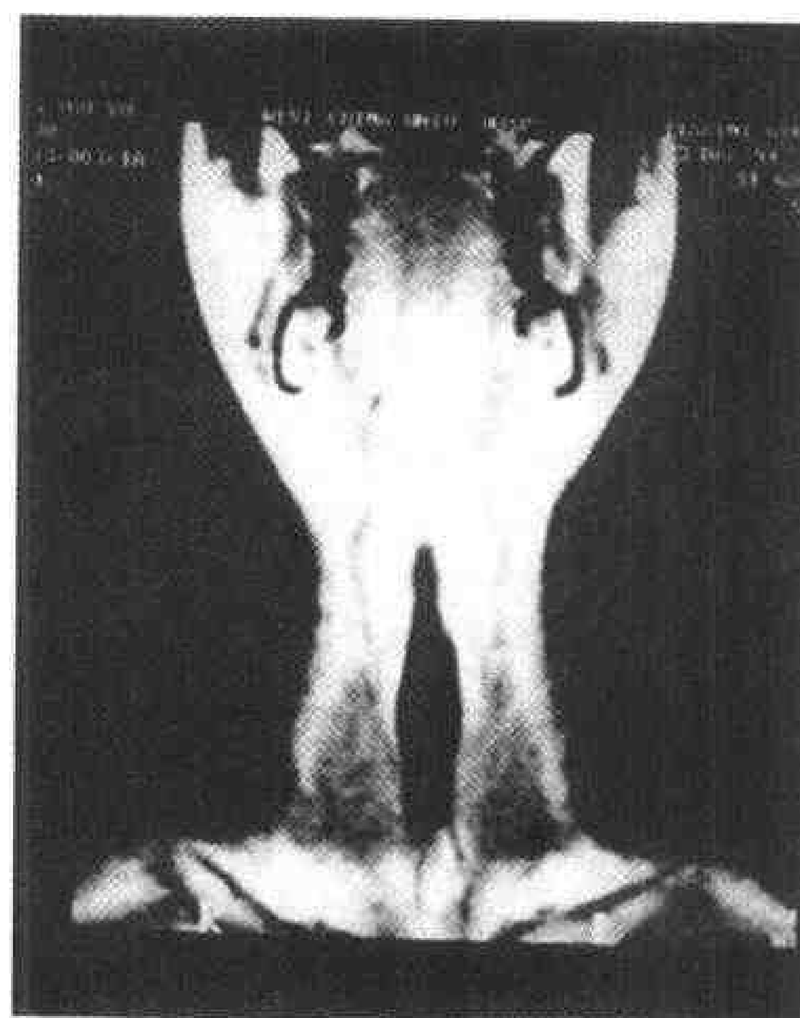


(5)

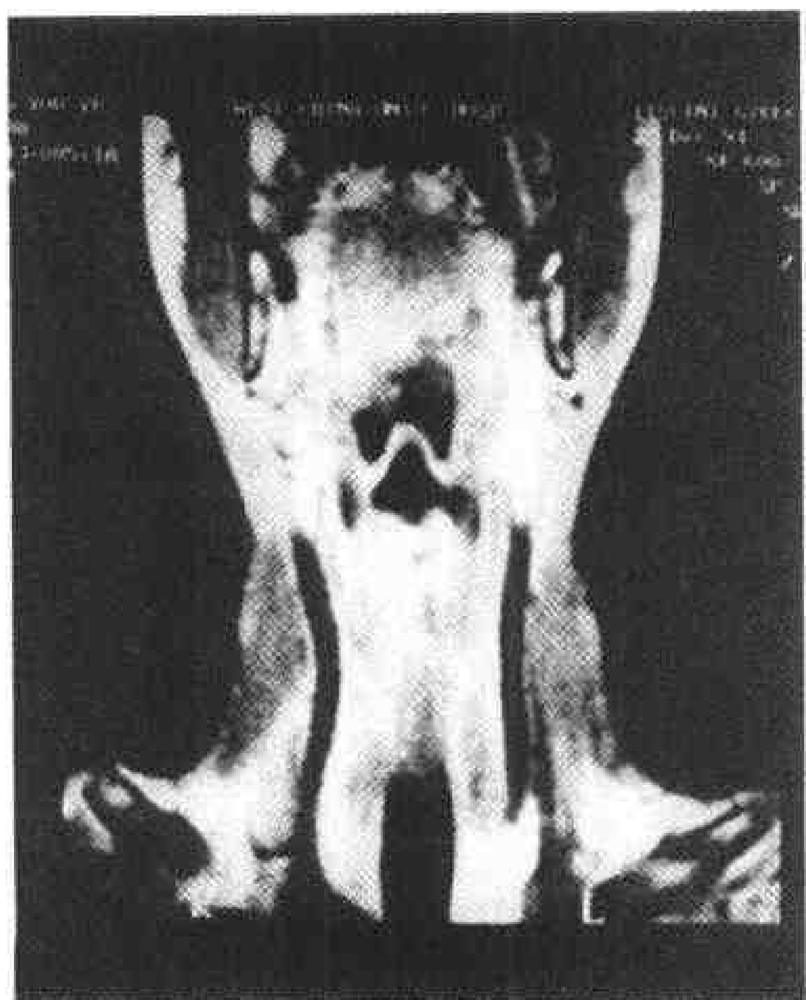
图 17-4-1 口腔颌面部正常 MRI（横断位，T_1 加权像）
（1）经眼眶平面；（2）经枕骨斜坡平面；（3）经鼻咽腔平面；
（4）经口腔平面；（5）经口底平面



(1)



(2)



(3)

图 17-4-2 口腔颌面部正常 MRI（冠状位，T_1 加权像）
(1) 经眼眶平面；(2) 经颈前部平面；(3) 经会厌部平面

（五）口底平面像

口腔颌面部的口底平面像，显示正中为口咽腔呈低信号黑色影像。前方为舌及口底、下颌骨牙槽突。两旁为下颌骨、咬肌。后外方为颈动脉、颈内静脉、胸锁乳突肌。后方为颈椎及椎管、颈髓（图 17-4-1（5））。

二、冠 状 位

（一）眼眶平面像

口腔颌面部的眼眶平面像，显示双侧眼眶前部及眼球影像。两眼眶内侧壁之间为筛窦，下方为上颌窦，上方为额窦。两侧上颌窦内侧壁之间为鼻中隔、鼻腔及鼻岬。鼻窦腔含气，为低信号黑色影像。鼻腔底为硬腭，即口腔顶壁。口腔内有舌影，下方为下颌骨及牙槽突。口腔两侧为面颊脂肪等（图 17-4-2（1））。

（二）颈前部平面像

口腔颌面部的颈前部平面像，显示上方正中为口腔内舌影、口底部，两侧为上颌骨牙槽突，呈低信号黑色影像。两旁为腮腺浅叶影。颈前部正中为会厌前间隙，下方为喉部声门及声门下气道。两旁为胸锁乳突肌，呈等信号灰黑色影像（图 17-4-2（2））。

（三）会厌部平面像

口腔颌面部的会厌平面像，显示正中之会厌软骨、喉前庭，下方为喉部软组织间隙。上方为舌后部，最上为硬腭及牙槽突。两旁为下颌骨升支、咬

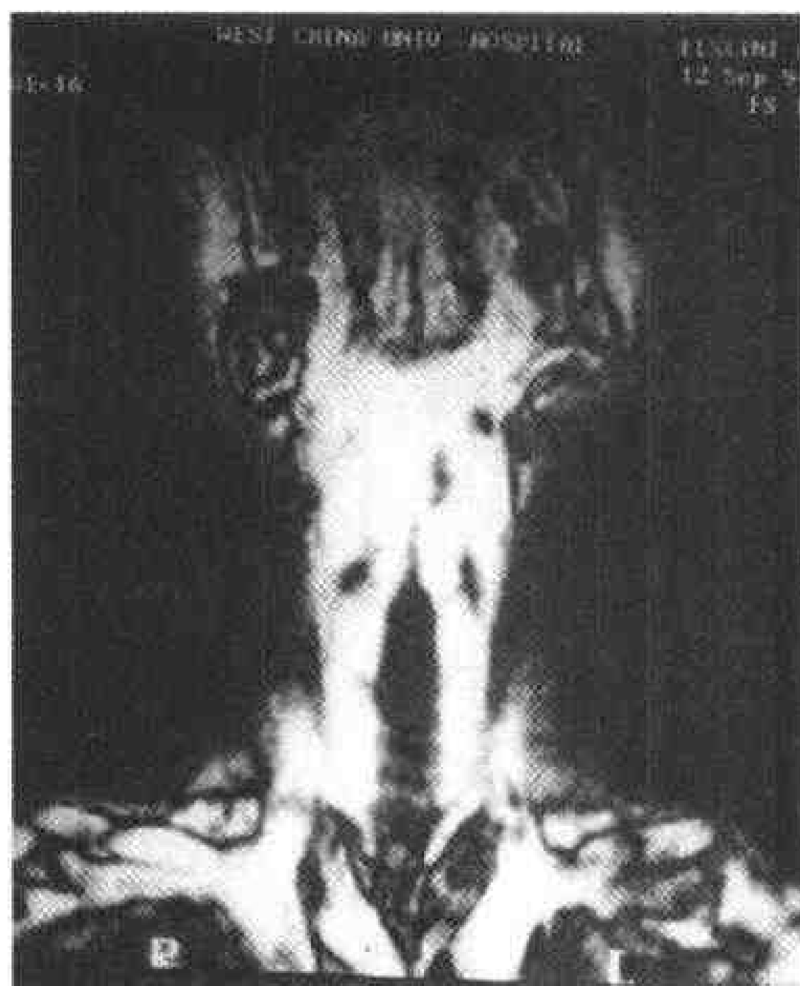


图 17-4-3 口腔颌面部正常 MRI（冠状位，T_2 加权像）
经喉后部平面，上方示舌、口底、两侧为下颌角及下颌升支

肌。颈部两旁呈管状低信号流空黑色影像，为颈总动脉（图 17-4-2（3））。

（四）喉后部平面像

口腔颌面部的喉后部平面像，显示会厌后部，下方正中为气管，两旁为气管旁软组织间隙。上方为口底及舌根部。口底两旁为下颌角及下颌骨升支影（图 17-4-3）。

三、矢 状 位

（一）蝶鞍部平面像

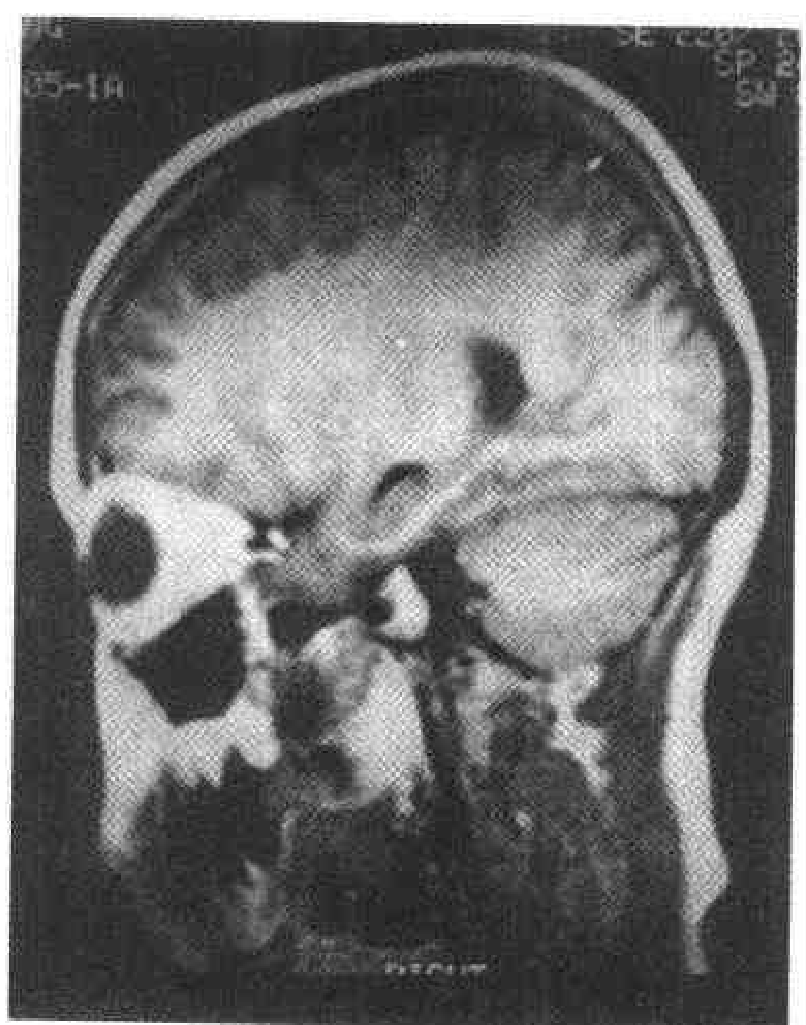
口腔颌面部的蝶窦、额窦、蝶窦底、斜坡及下方鼻咽部清楚。鼻咽腔前方见鼻岬、鼻骨。前下方



（1）



（2）



（3）

图 17-4-4 口腔颌面部正常 MRI（矢状位，T_1 加权像）
（1）经蝶鞍平面；（2）经鞍旁平面；（3）经外耳道平面

为上牙槽突，硬腭及软腭。下方为口腔内舌影。舌影呈等信号灰色影像。颅内可见大脑半球、脑干及小脑等影像（图 17-4-4（1））。

（二）蝶鞍旁平面像

口腔颌面部的蝶鞍旁平面像，除显示脑部影像之外，在颌面部可显示蝶窦、鼻咽顶后壁、筛窦、鼻岬、鼻骨、上下牙槽突、硬腭及软腭、舌影等（图 17-4-4（2））。

（三）外耳道平面像

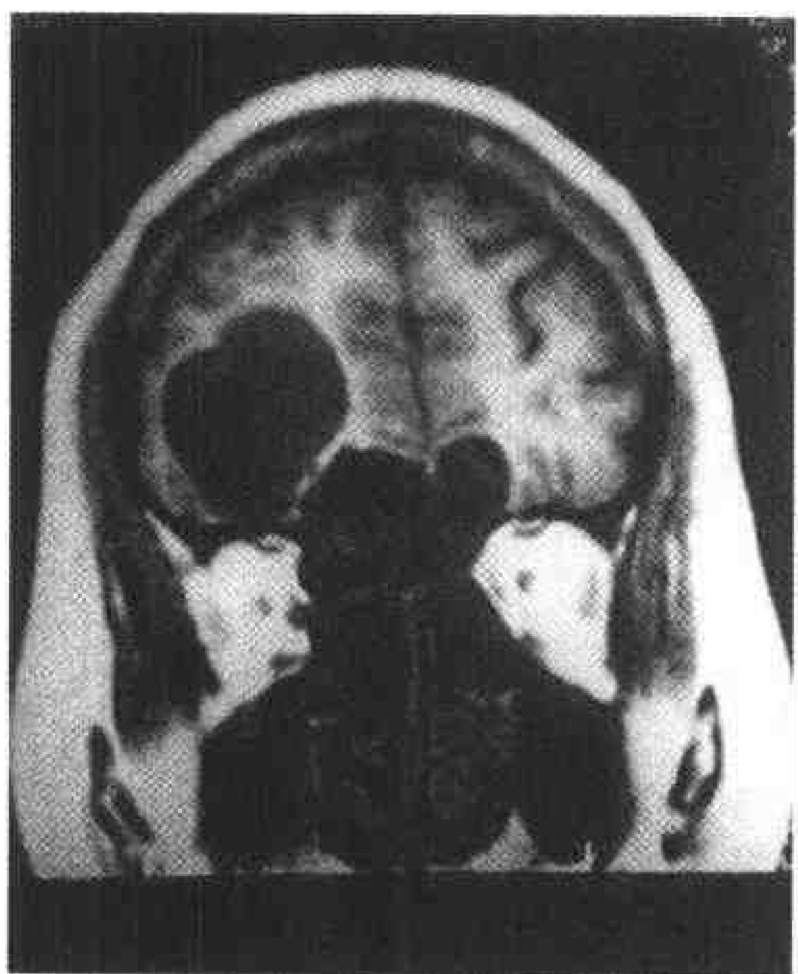
口腔颌面部的外耳道平面像，显示外耳道呈圆形低信号黑色影像，后方为乳突蜂窝。上方大部为额顶颞叶及小脑半球。外耳道前方显示颅中窝底、眼眶、上颌窦影。外耳道前方显示颅中窝底、眼眶、上颌窦影。外耳道前下方显示翼外肌、上下颌骨侧方、腮腺等。外耳道下后方纵形管状低信号流空黑色影，为颈内外动脉（图 17-4-4（3））。

第四节　口腔颌面部疾病 MRI 诊断

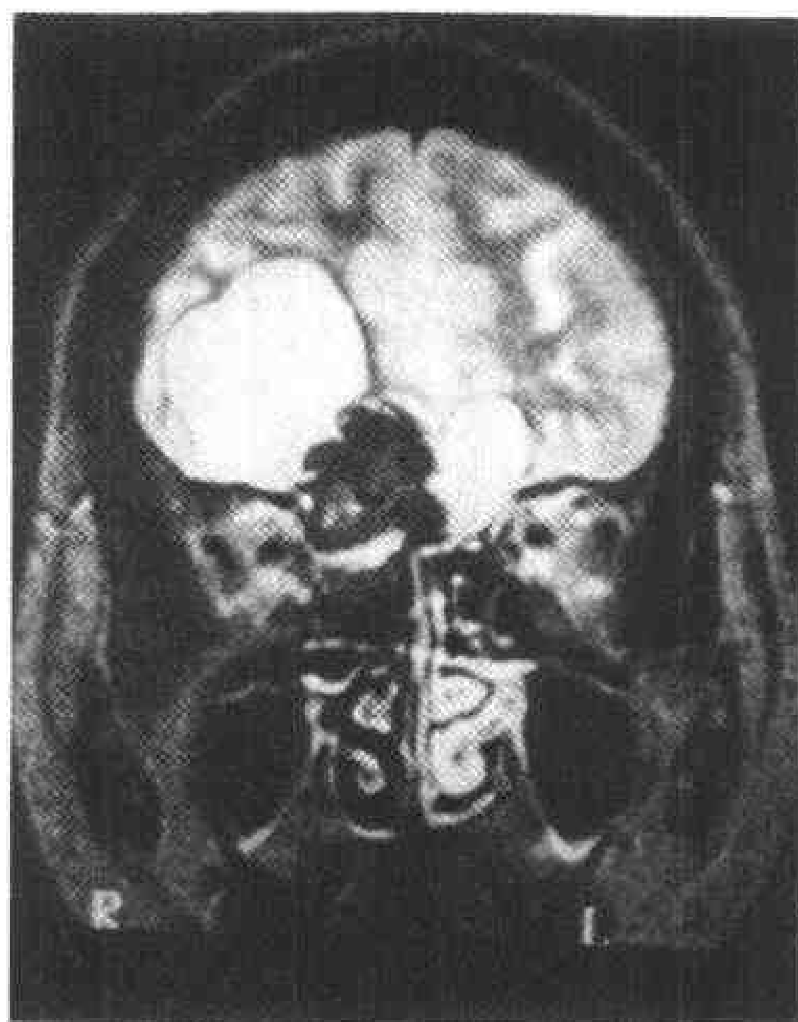
一、口腔颌面部囊肿

口腔颌面部囊肿分牙源性和非牙源性。牙源性者，以含牙囊肿、牙源性角化囊肿、根端囊肿和球状囊肿等较常见。非牙源性者，主要见于鼻窦囊肿、鳃裂囊肿等。囊肿常呈膨胀性增大，内含囊液，周围无侵袭性骨质破坏，边界清楚。

MRI 表现　鼻窦囊肿显示窦腔内局限性膨大，边界清楚锐利，软组织肿块。T_1 加权呈低信号黑色影。T_2 加权呈高信号白色影(图 17-4-5(1)～(2))。



（1）



（2）

图 17-4-5　额窦骨瘤伴粘液囊肿

（1）冠状位，T_1 加权，额窦区多个低信号影；（2）同上病例，T_2 加权，呈低信号影为骨瘤，高信号影为囊肿

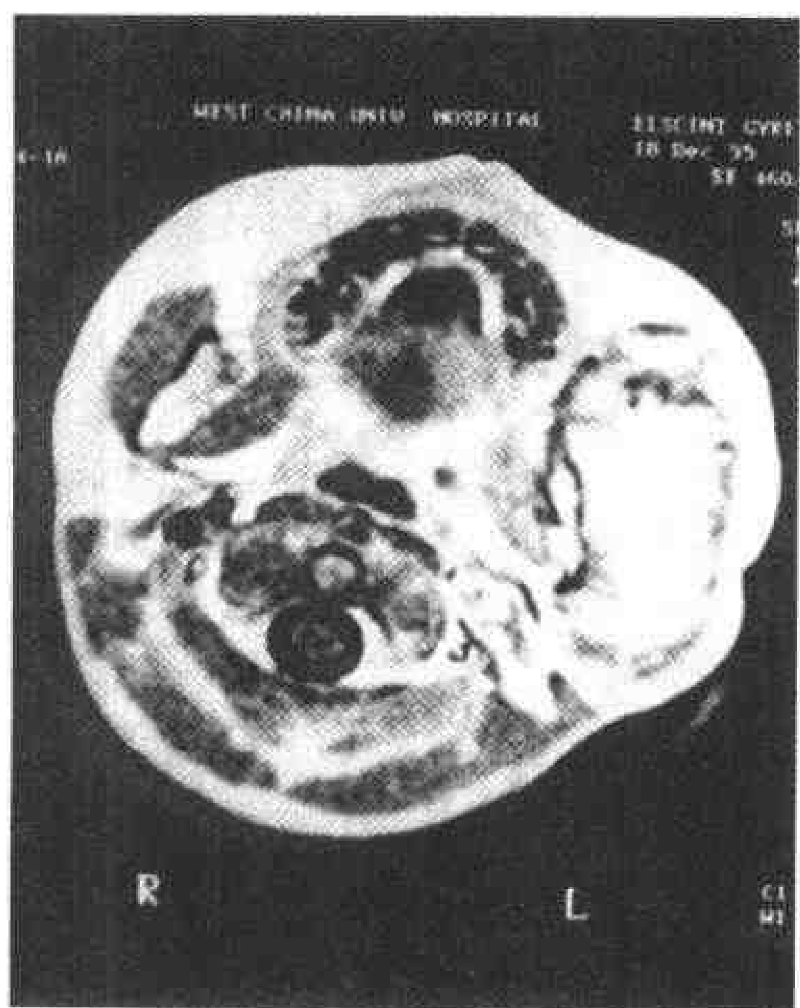
二、口腔颌面部良性肿瘤

口腔颌面部良性肿瘤种类甚多，可为牙源性、骨源性和其他组织来源者。MRI 在口腔颌面部良性肿瘤的诊断上，可多方位、多参数显示肿块的部位、起源、形态、大小、外形、边缘及与周围结构的关系，并无骨伪影干扰，具有许多优势。对于口腔颌面部深在部位的良性肿瘤，其诊断价值更大。

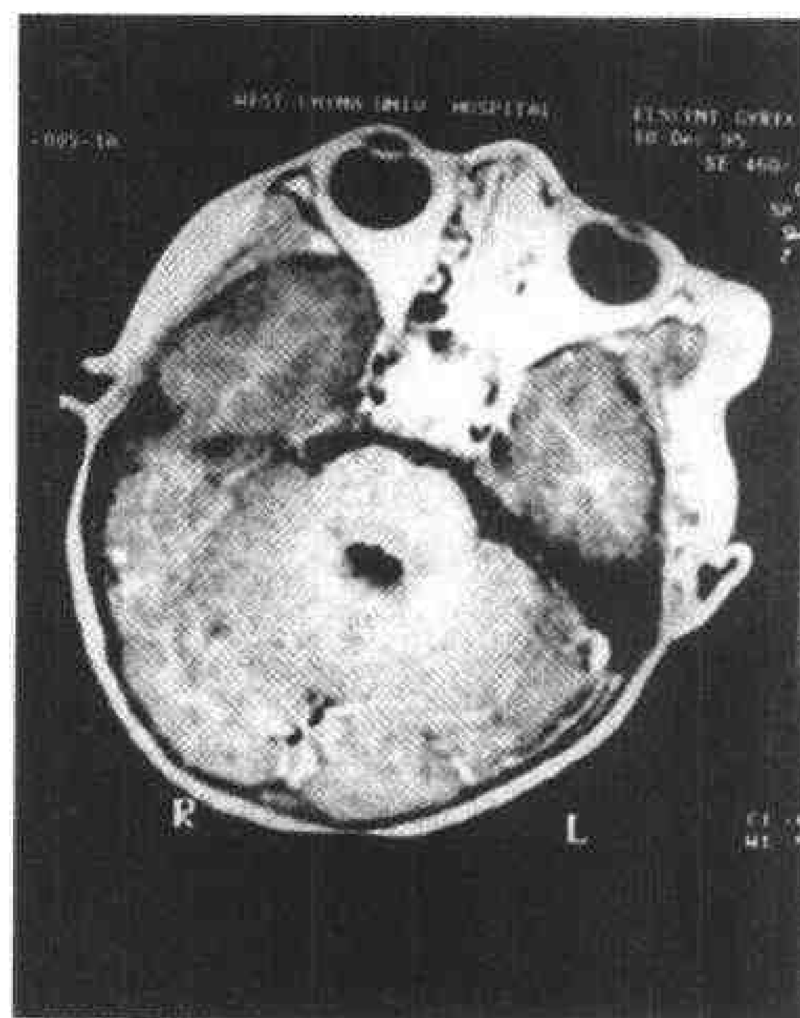
（一）颌骨成釉细胞瘤

颌骨成釉细胞瘤多为混合性牙源性上皮细胞肿瘤，呈实性或囊性膨胀性骨质破坏，一般不侵及周围软组织。

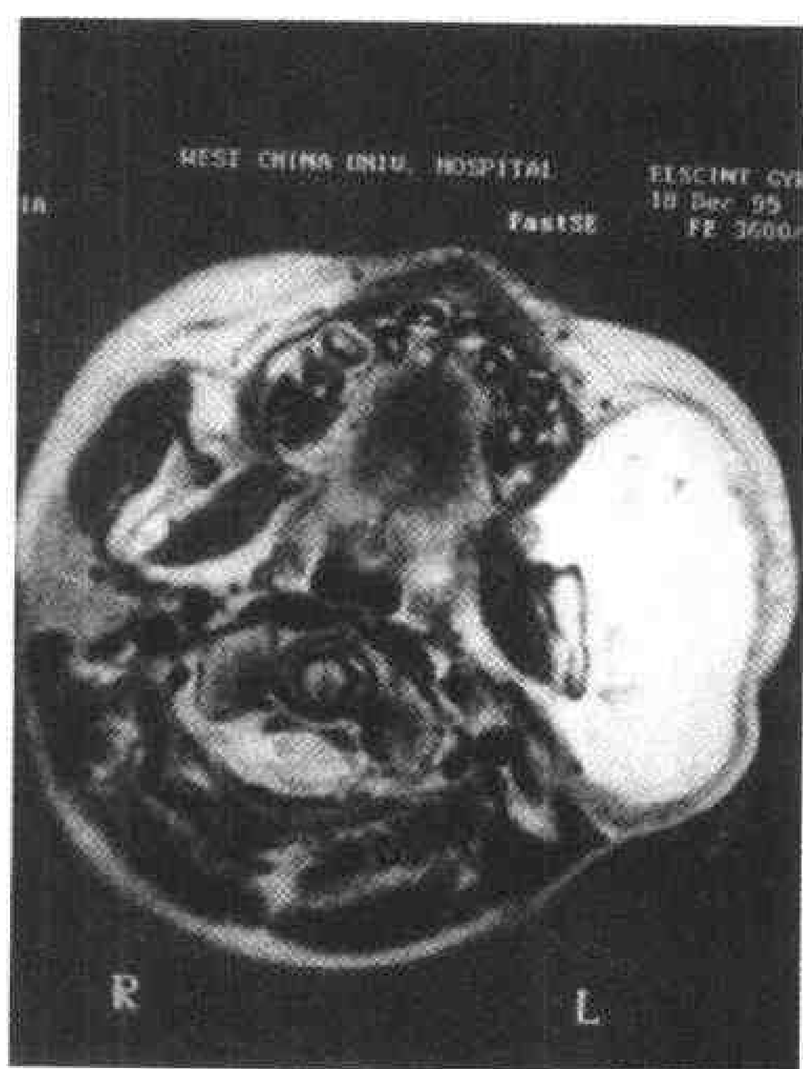
MRI 表现　以下颌骨好发。颌骨骨质呈溶骨性破坏，膨大。形圆或多房分叶状。在 T_1 加权上，



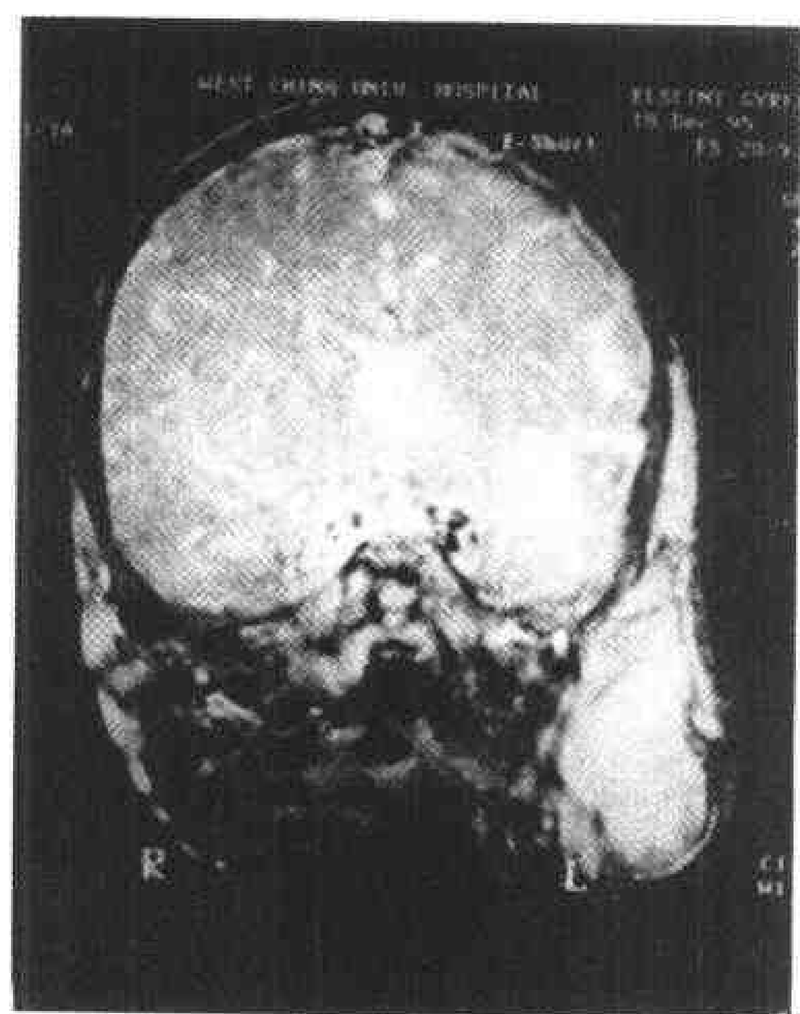
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-4-6 海绵状血管瘤

(1)～(2)横断位，T_1 加权，左颌面及颞部软组织肿块，呈高信号，后者有明显强化；(3) T_2 加权，肿块呈明显高信号；(4) 冠状位，T_2 加权，肿块明显高信号，左下颌骨受压萎缩

呈等信号软组织肿块，不均匀，边界较清楚。T_2 加权上，呈较高信号，内有条状或斑点状低信号影。邻近软组织推压，无侵犯。磁显葡胺 MR 增强，轻度强化

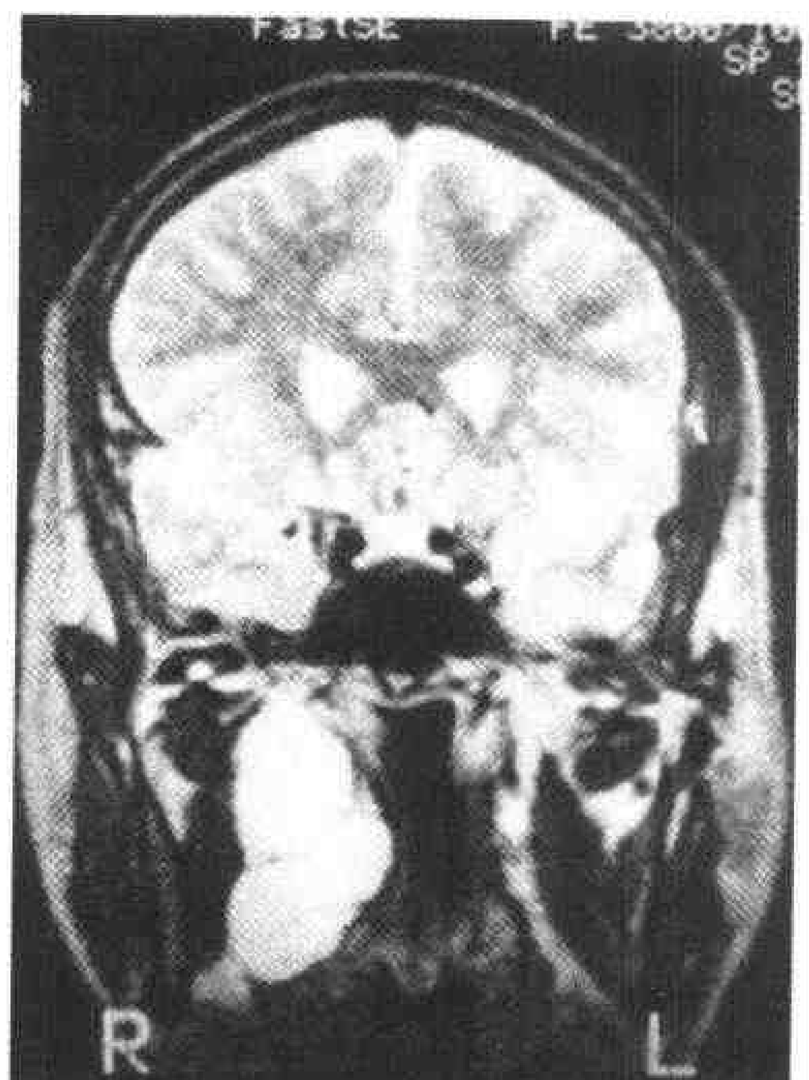
(二) 血管瘤

口腔颌面部血管瘤可起源于颌骨或软组织，为先天性血管发育异常，分海绵状血管瘤和蔓状血管瘤。

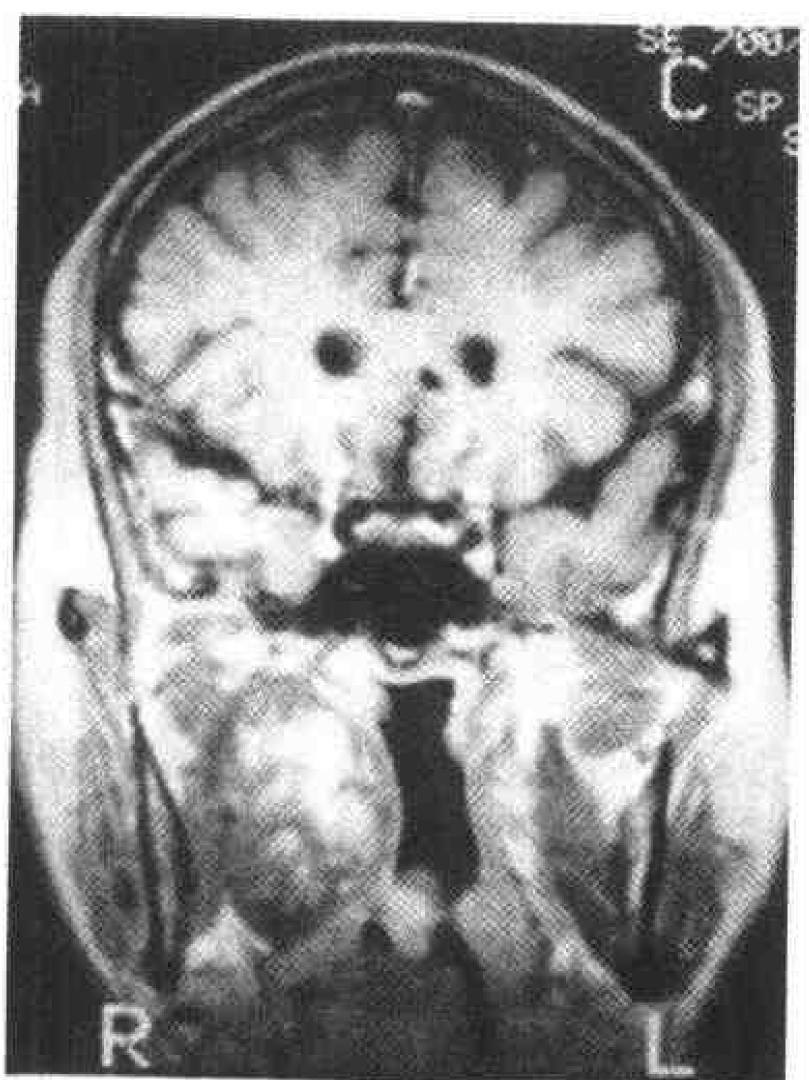
MRI 表现　起源于软组织者，可为局限性或弥漫性软组织肿块，常向肌肉及其间隙蔓延。T_1加权上，呈高信号肿块，内有等信号条网状分隔，边缘清楚。相邻骨质压迫吸收，变薄与推移。T_2加权上，仍呈高信号影。可向颞部、眶窝等蔓延。邻近软组织受压移位（图 17-4-6 (1)～(4)）。



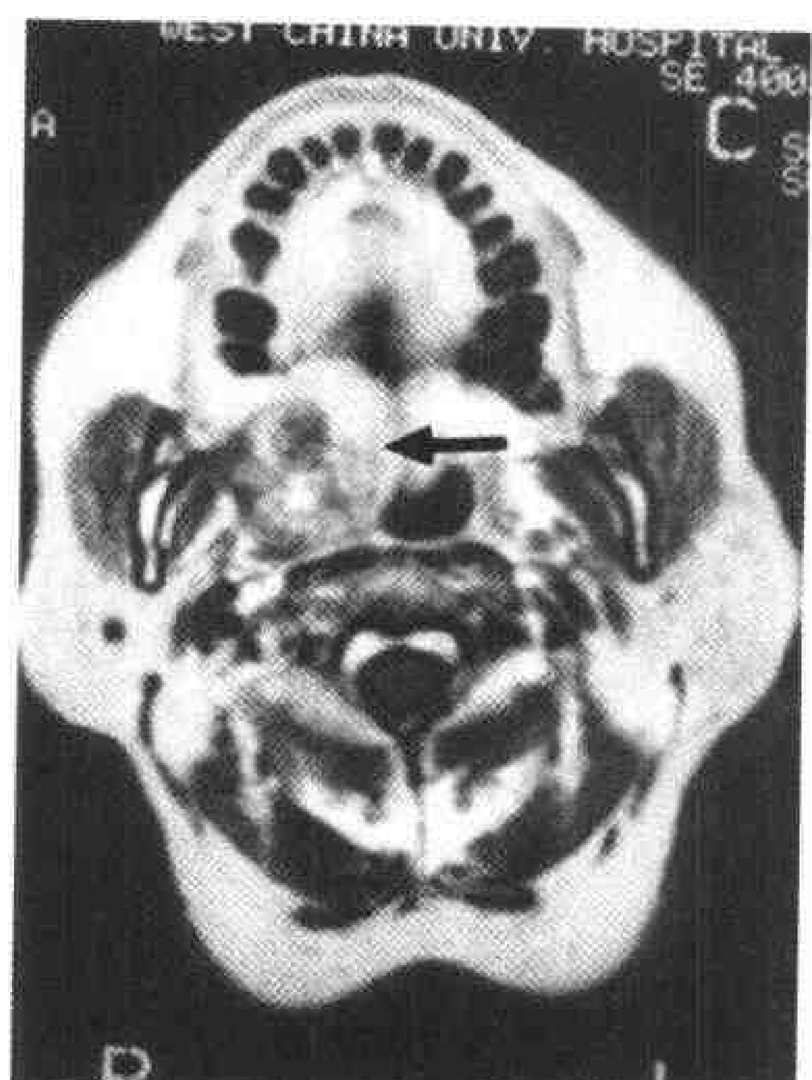
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-4-7　右咽旁间隙纤维腺瘤

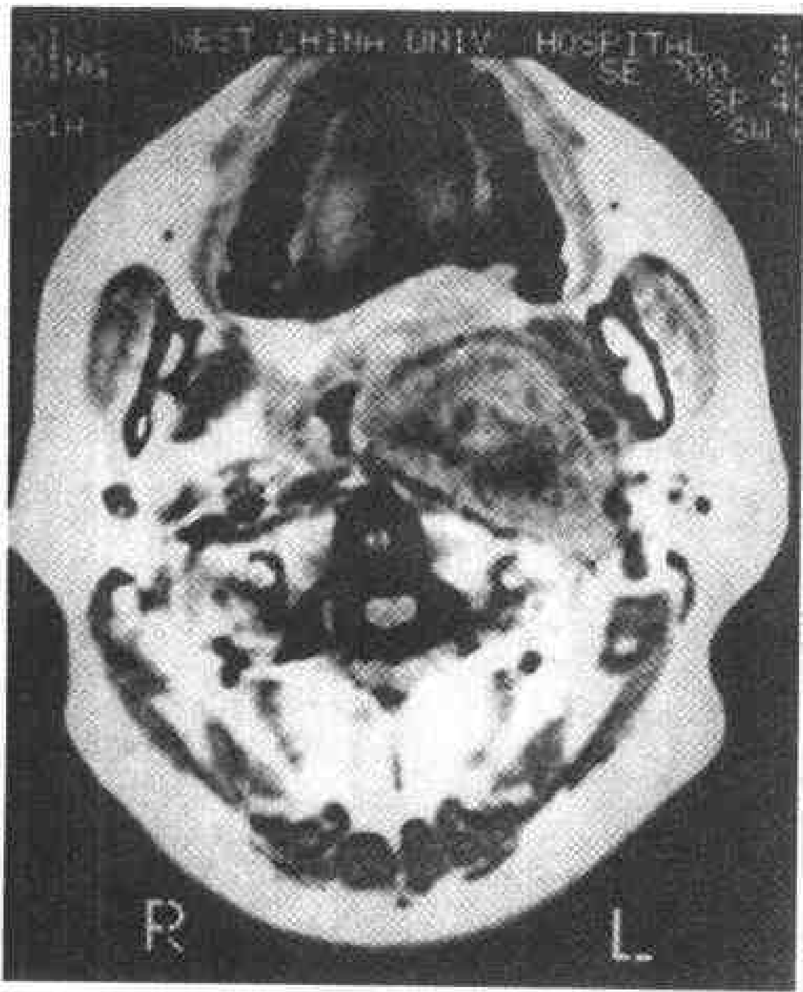
(1)～(2)冠状位，肿块为卵圆形，边界清楚，周围结构受压移位；(3) T_1 加权呈等信号，T_2 加权呈高信号、增强 MRI 呈不均匀强化；(4) 横断位，肿块不均匀强化（↑）

(三) 纤维腺瘤

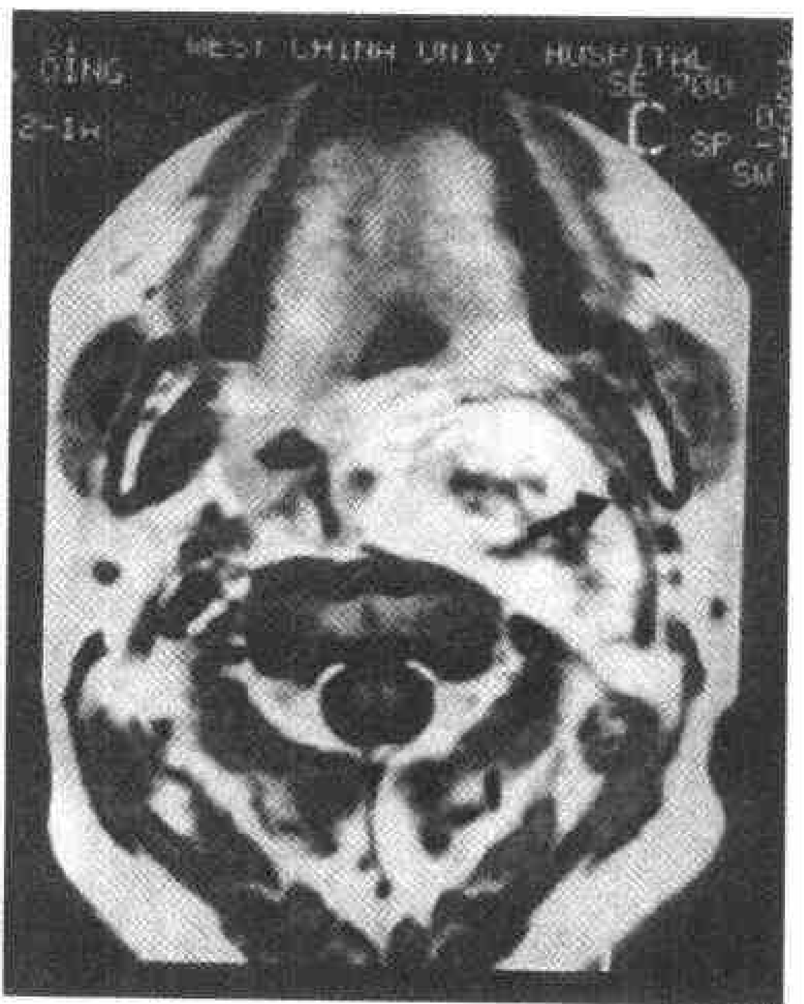
口腔颌面部纤维腺瘤好发于咽旁间隙等部位，呈膨胀性长大，有包膜。

MRI 表现 软组织肿块呈圆形、卵圆形，周围边缘清楚光滑，常将咽壁粘膜向咽腔推移，咽旁脂肪间隙变窄，翼内外肌向外前推移。T_1 加权呈等信号影，均匀一致。T_2 加权呈明显高信号影，周围包膜为低信号环绕。磁显葡胺 MR 增强，呈不均匀或均匀强化（图 17-4-7 (1)～(4)）。

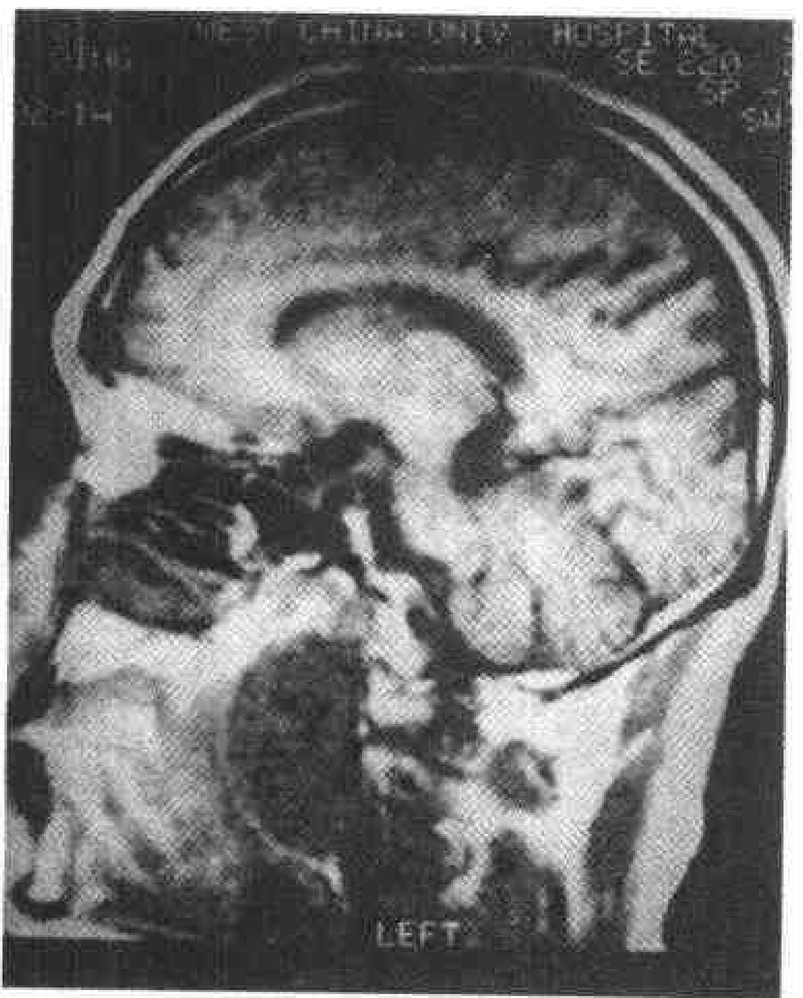
(四) 颈动脉体瘤



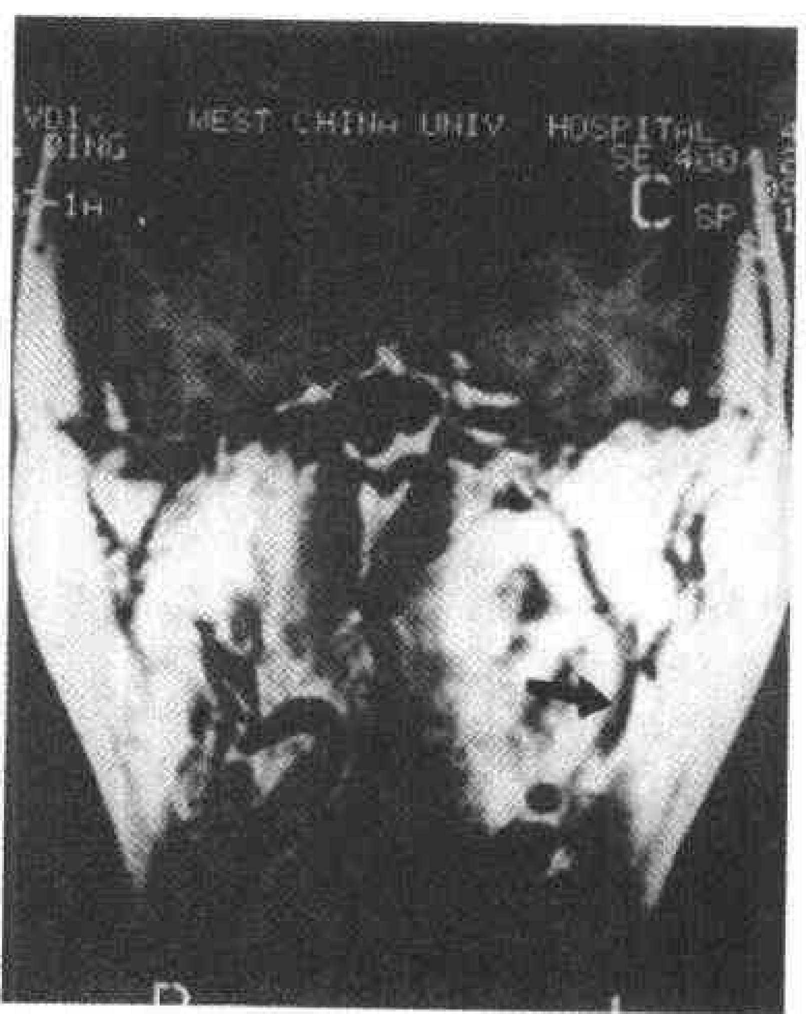
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-4-8 左颈动脉体瘤

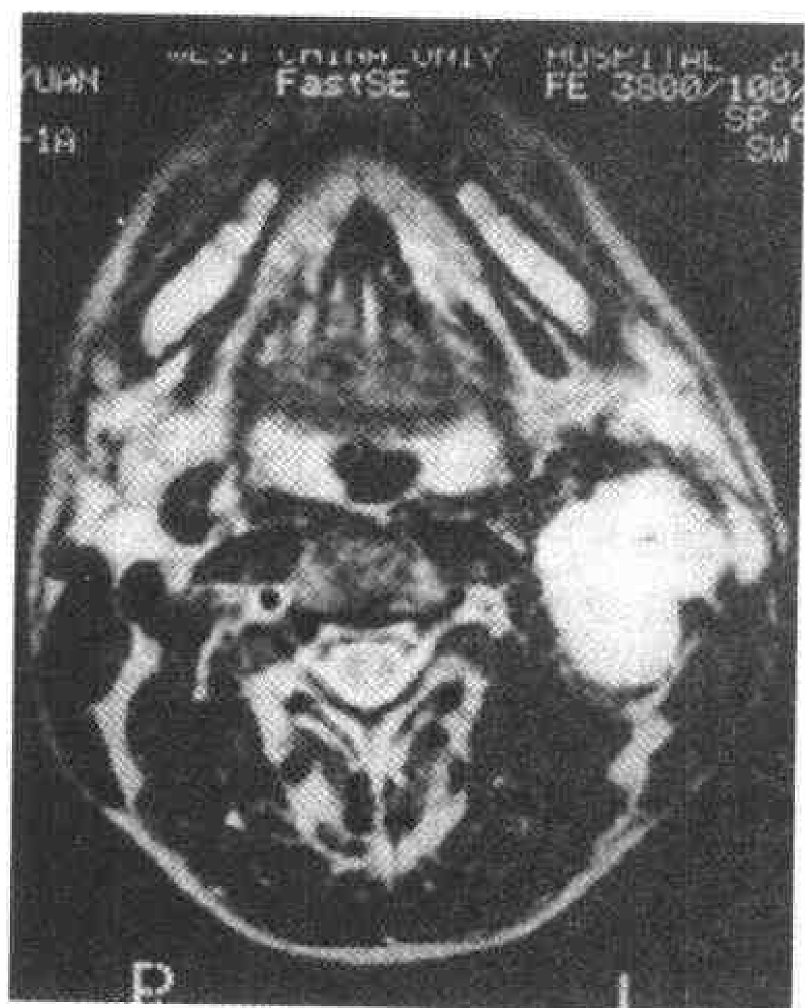
(1) 横断位，T_1 加权，肿块呈肾形，等低信号；(2) 同上层面，肿块明显强化，不均匀。颈内动脉向前外推移（↑）；(3) 矢状位，T_1 加权，肿块呈稍低信号，边界清楚；(4) 冠状位，肿块明显强化，颈动脉向外侧推移（↑）

口腔颌面部颈动脉体瘤、又称非嗜铬性副神经节瘤，是一种化学感受器肿瘤，好发于颈动脉分歧部。

MRI 表现 位于颈动脉间隙内，并以颈动脉分歧为中心，呈膨胀性增大，边界清楚光滑。T_1加权上，呈等信号；T_2加权上，呈高信号影，可不均匀。磁显葡胺 MR 增强，呈明显强化，内有不均匀斑点状流空信号。咽壁受压向咽腔推移。肿块边缘常可见颈内外动脉分离移位，具有特征性(图 17-4-8 (1)~(4))。



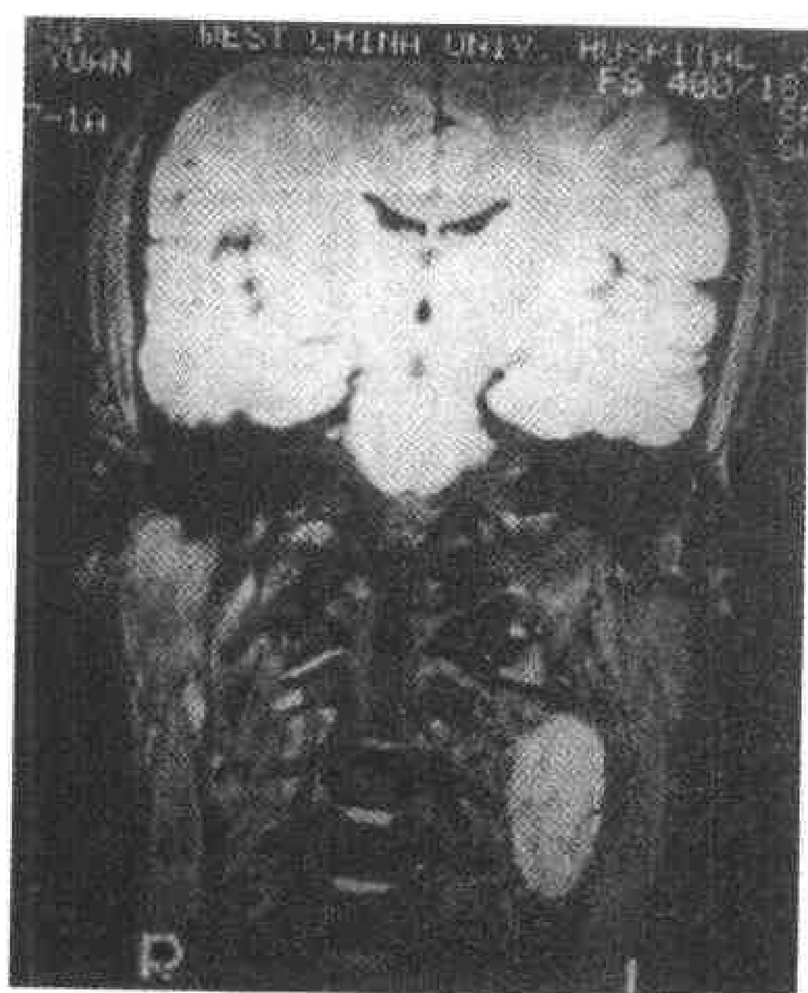
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-4-9 左颈神经纤维瘤

(1)~(3)横断位、肿块类圆形，边缘清楚，T_1加权信号增高，T_2加权信号更高，增强 MR 明显强化；(4) 冠状位，T_2加权肿块卵圆形，明显高信号。颈内、外动脉推移（↑）

（五）神经纤维瘤

口腔颌面部神经纤维瘤，可起源于颌骨、鼻窦、咽旁间隙、颈动脉间隙等。由周围神经组织及胶原组织构成，包膜完整。多数起源于迷走神经，位于颈前三角；少数起源于副神经，位于颈后三角或胸锁乳突肌下方。

MRI表现　发生于咽部的神经纤维瘤，主要与颈动脉鞘关系密切。肿块常呈椭圆形或圆形，边缘光整。常将颈内动脉及颈内静脉向前外侧方推移。同时，同侧咽壁向咽腔移位，粘膜光整。咽旁间隙向前推移变窄。腮腺深叶受压。T_1加权上，呈等信号；T_2加权上呈高信号；磁显葡胺MR增强呈均匀强化（图17-4-9(1)～(4)）。

（六）腮腺多形性腺瘤

口腔颌面部腮腺良性肿瘤，常见者为多形性腺瘤、脂肪瘤、血管瘤、淋巴管瘤、嗜酸性腺瘤等亦可见。腮腺多形性腺瘤具有腺上皮和肌上皮组织，包膜完整。

MRI表现　在腮腺内好发于浅叶，圆形或卵圆形，边界清楚。T_1加权上，呈均匀一致等或稍高信号影；T_2加权上为高信号影；磁显葡胺MR增强，呈轻度或中度强化。可见面神经向内推移。位于腮腺深叶者，表现为咽旁间隙肿块，颈内动脉和颈内静脉向后内方推移，与颈动脉间隙神经源性肿瘤不同（图17-4-10）。

（七）颈动脉瘤

口腔颌面部颈动脉瘤少见。可为先天性或外伤性所致。一般发生于颈动脉分歧部，具有搏动性的质软肿块。

MRI表现　位于颈动脉分歧部，呈圆形囊腔状肿块。边缘光整清楚。T_1加权上，呈圆形或类圆形流空信号，内有不均等信号影，为附壁血栓所致。T_2加权上，呈高信号影。相邻颈内静脉位于后外侧，可轻度推移。冠状位或矢状位，囊腔状肿块与颈动脉相连。行颈动脉造影或MRI血管成像，可明确诊断（图17-4-11(1)～(3)）。

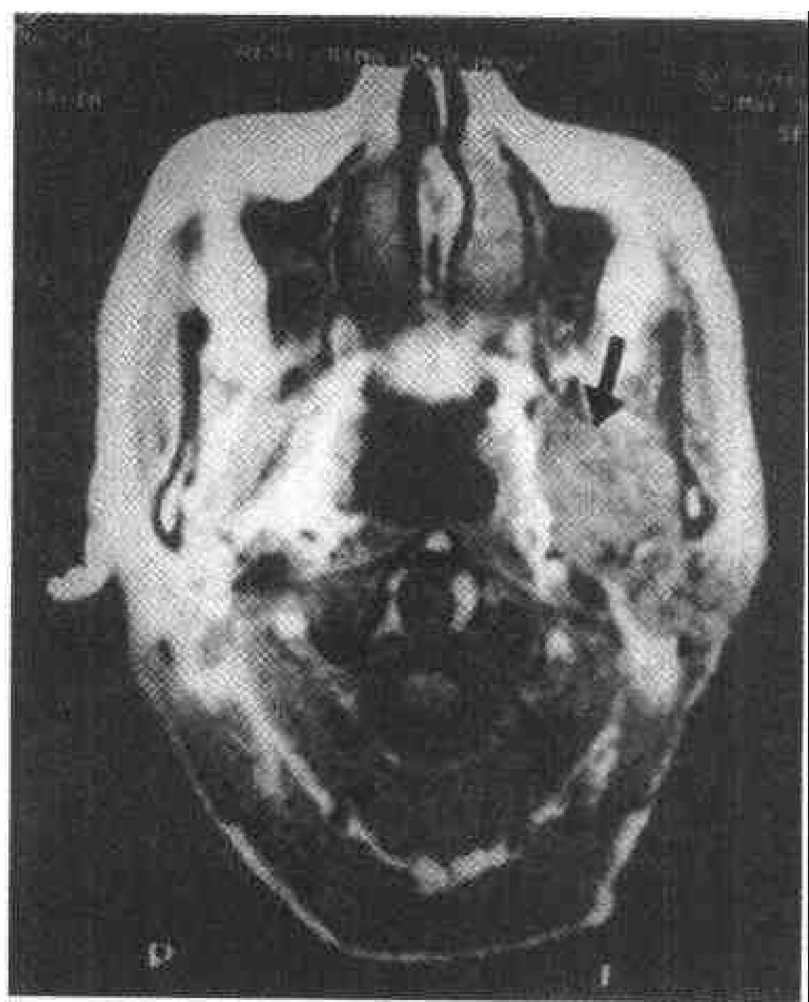
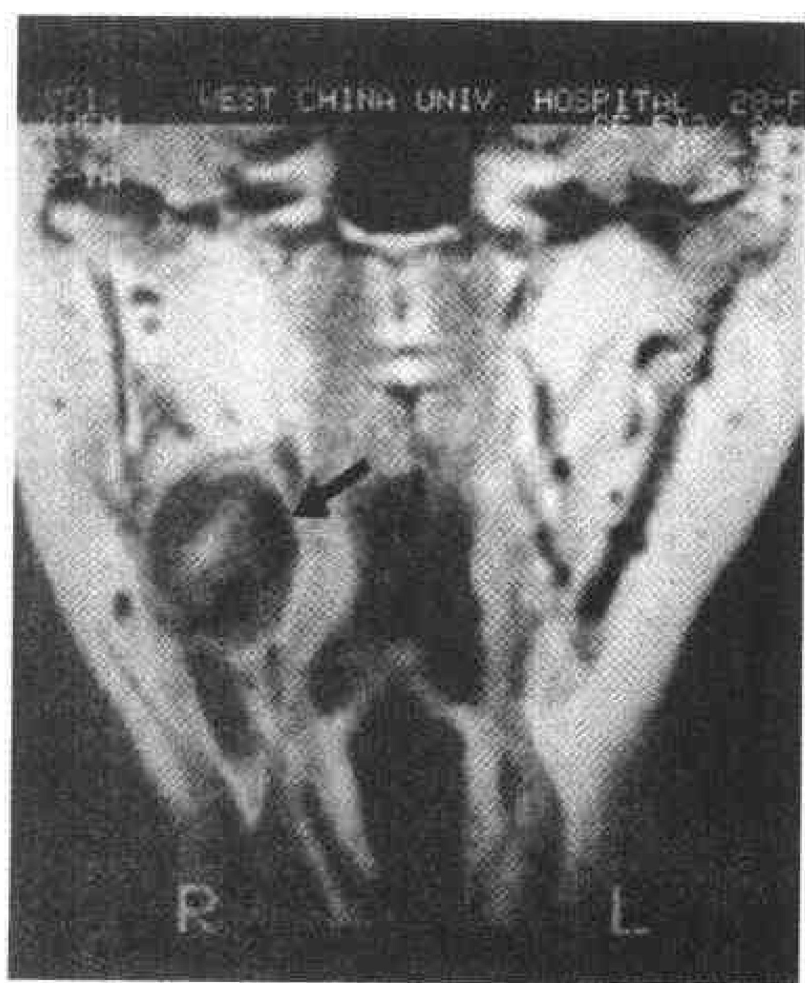
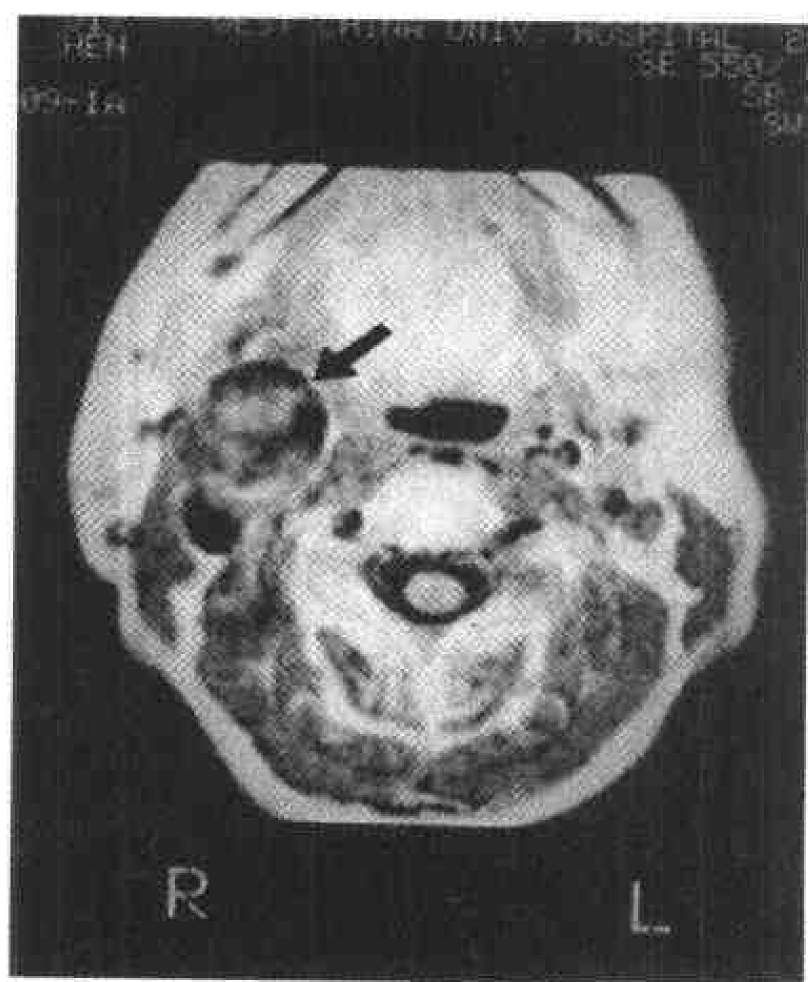


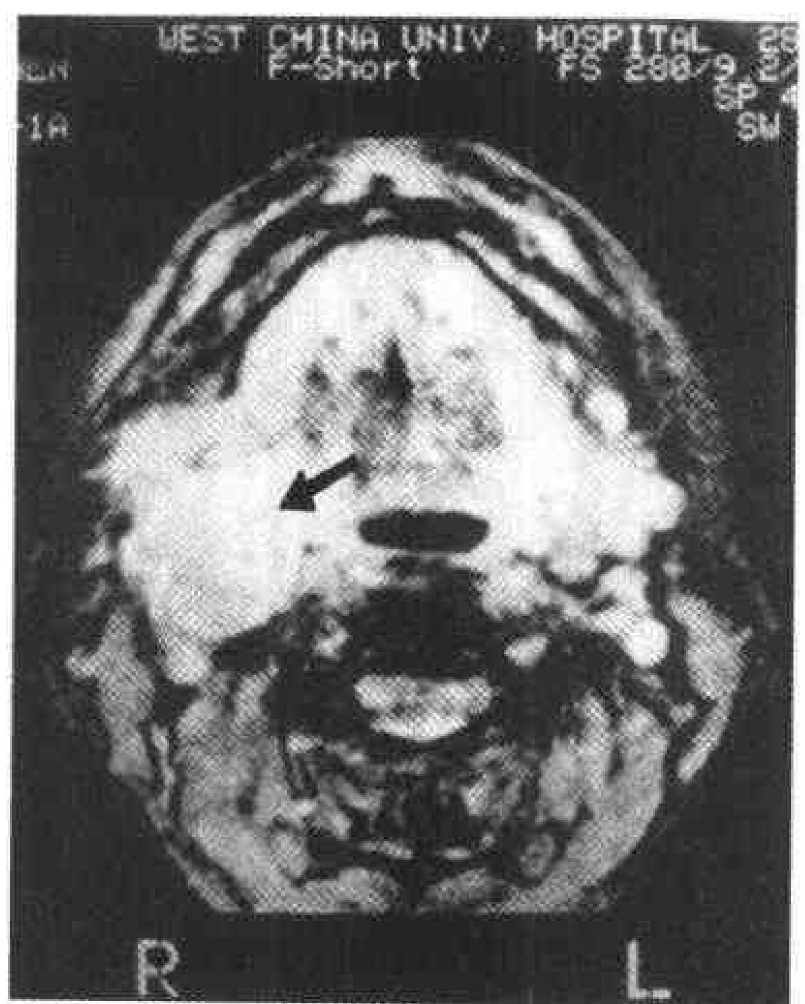
图17-4-10　腮腺多形性腺瘤



(1)



(2)



(3)

图 17-4-11 右颈动脉动脉瘤

(1) 冠状位示卵圆形流空低信号影，边界清楚，与颈动脉相连；(2)～(3)横断位，T_1 加权呈流空信号，内有附壁血栓；T_2 加权呈高信号影。后方为颈内静脉被推移

三、口腔颌面部恶性肿瘤

口腔颌面部恶性肿瘤可为原发或继发所致，以原发恶性肿瘤多见。可分牙源性、骨源性和其他软组织来源者。原发者多起源颌骨，亦可起源于鼻窦或其他软组织，特别是颌面深部软组织间隙。

（一）横纹肌肉瘤

口腔颌面部横纹肌肉瘤少见，可起源于颌骨或软组织。男性多于女性，青少年易见。

MRI 表现 颌骨呈溶骨性破坏，边缘不整齐，骨皮质缺损。肿块向颊部浸润，与邻近结构边界不清。T_1 加权上，呈等信号，T_2 加权上，呈稍高信号影。磁显葡胺 MR 增强呈轻度强化，无骨化或钙化斑低信号影（图 17-4-12）。

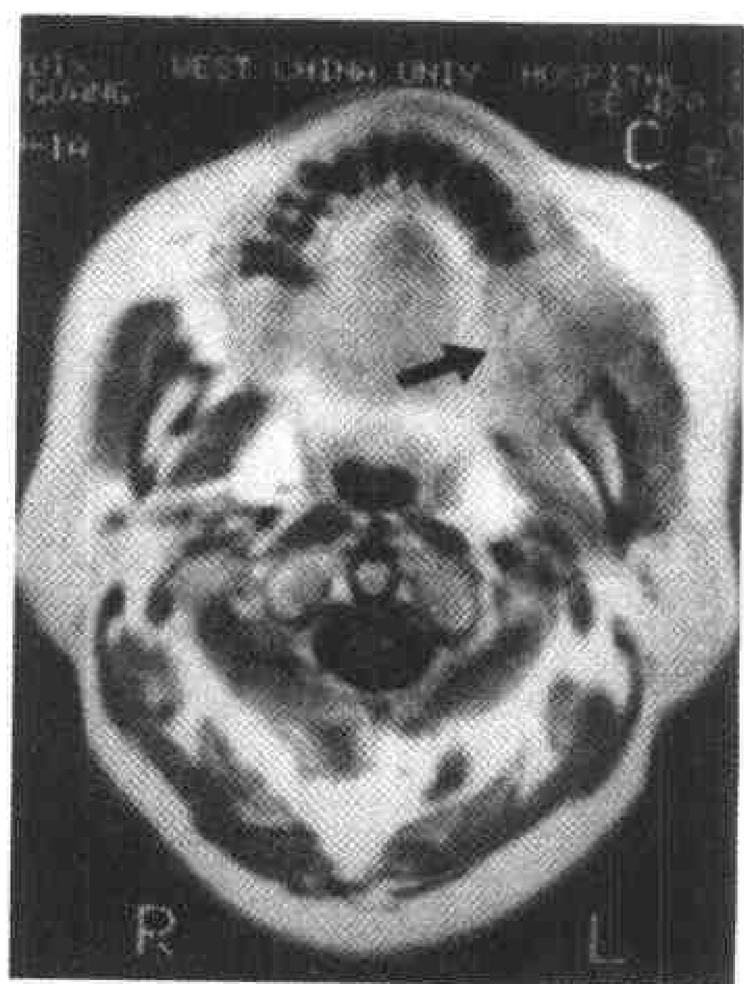


图 17-4-12 左下颌骨横纹肌肉瘤

横断位，T_1 加权增强 MRI，示颌骨溶骨性破坏，肿块周围浸润，轻度强化（↑）

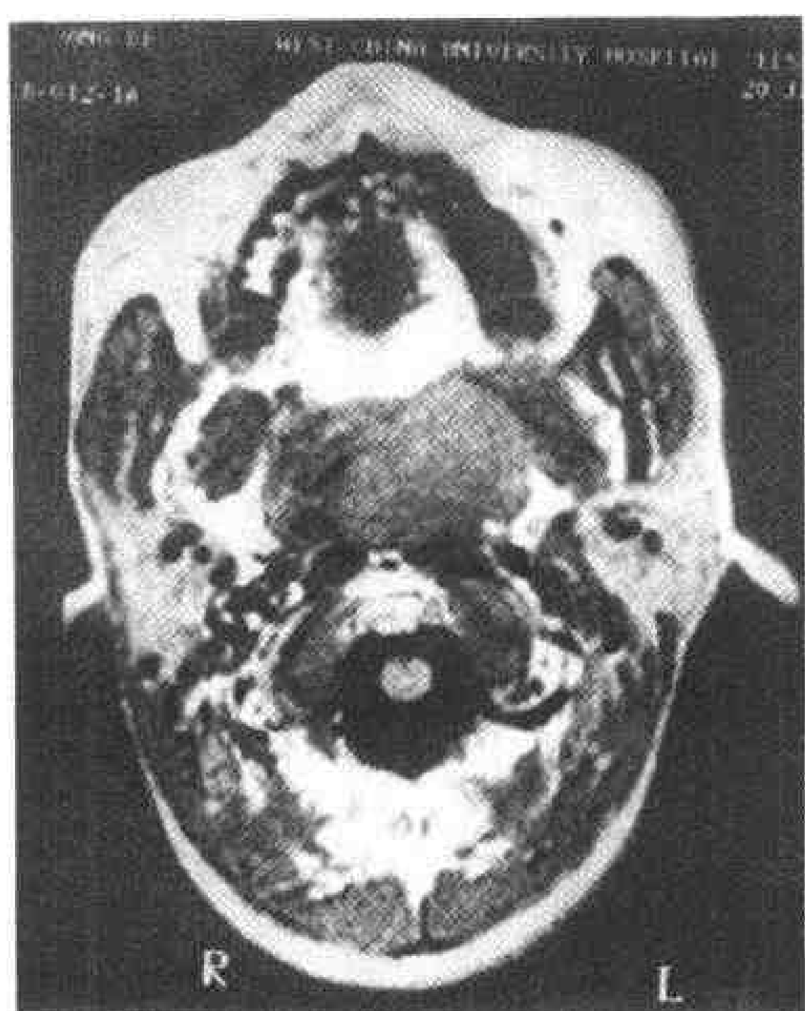
（二）口咽部鳞癌

口腔颌面部咽腔粘膜易发生鳞癌。好发部位为鼻咽，亦见于口咽及喉咽部。肿瘤呈浸润性生长，突入咽腔，并向咽旁、颅底发展或淋巴结转移。

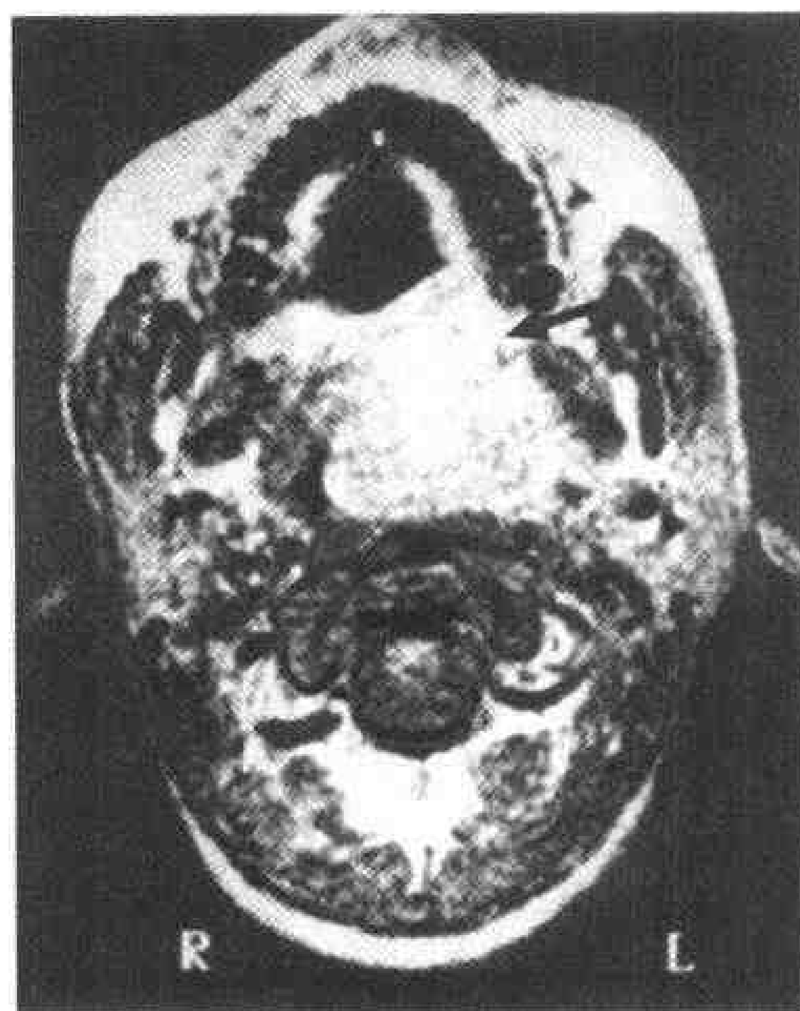
MRI 表现 咽壁软组织肿块，明显突向咽腔，使之变形狭窄，浸润或推压咽旁间隙，变窄或消失。T_1 加权呈等信号，T_2 加权呈高信号影。磁显葡胺MR 增强呈明显强化（图 17-4-13（1）～（3））。

（三）颞下间隙恶性肿瘤

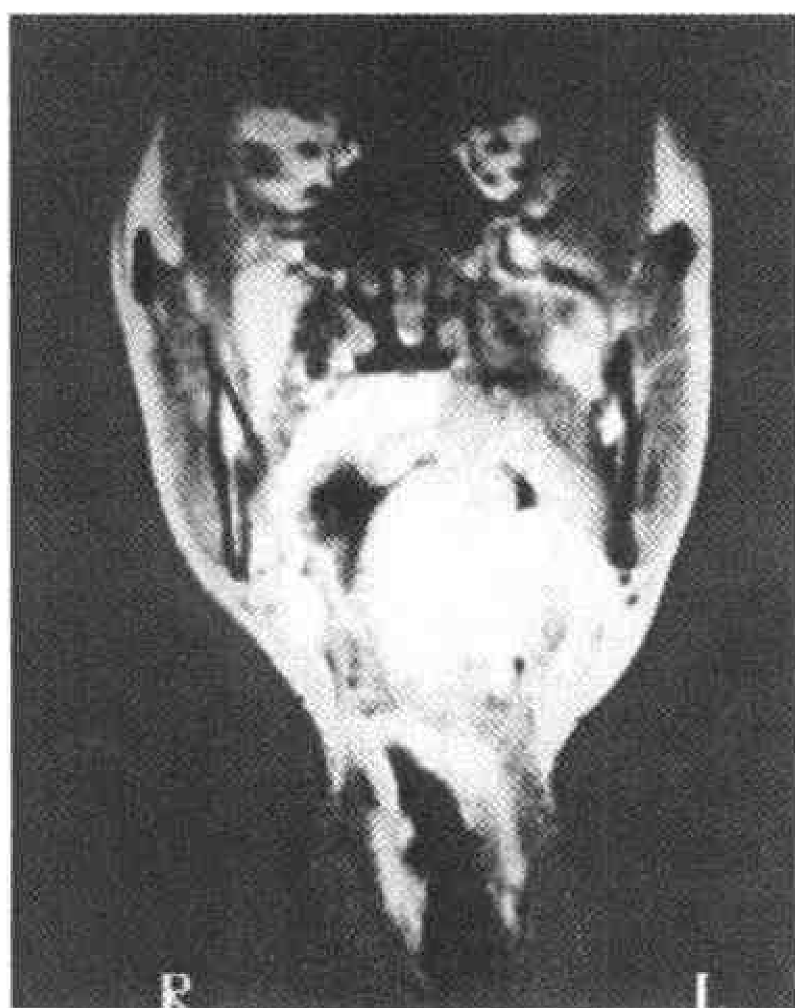
口腔颌面部之颞下间隙，即咀咬肌间隙恶性肿瘤分原发和继发，以后者常见。原发者软组织肿块向周围浸润，蔓延。继发者常为上颌窦、颌骨及咽颊粘膜恶性肿瘤直接侵犯。



(1)



(2)



(3)

图 17-4-13 咽部鳞癌

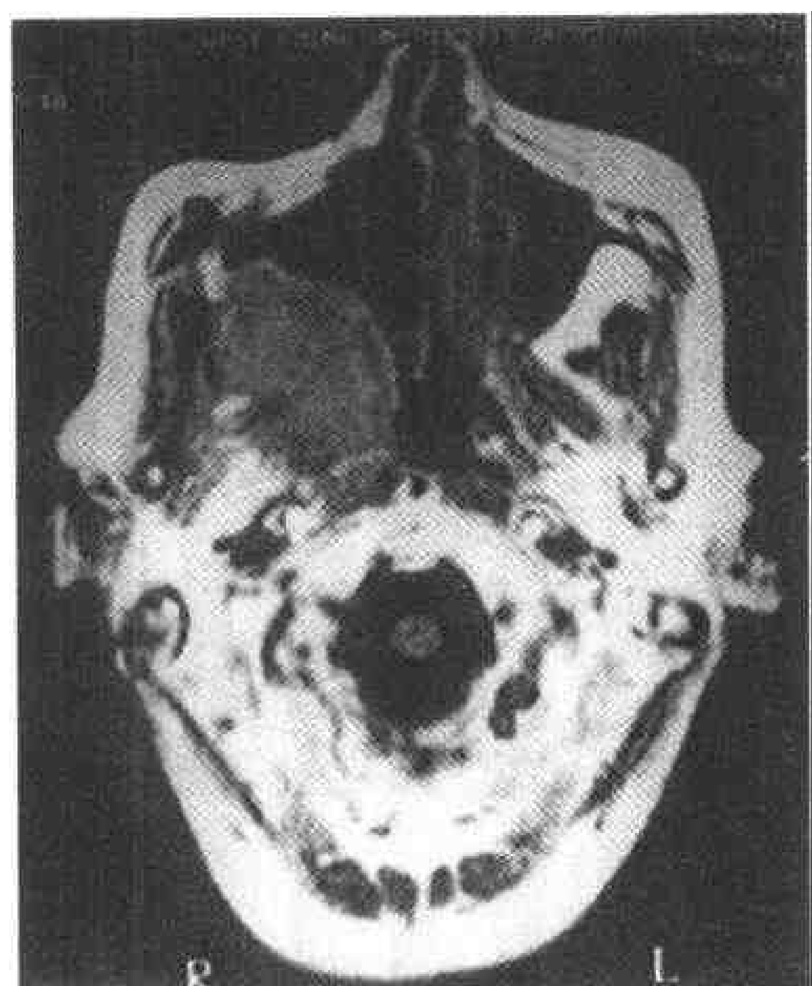
(1)~(2)横断位，肿块不规则，向咽腔突出，T_1 加权呈等信号，T_2 加权呈高信号（↑）；
(3) 冠状位，T_1 加权呈稍高信号，肿块突入咽腔，软腭左侧受累

MRI 表现，颞下间隙不规则软组织肿块，翼肌及咬肌边缘模糊，咽腔推移，鼻窦推移或骨壁破坏缺损。上颌窦后壁脂肪带消失。T_1 加权呈等信号，T_2 加权呈高信号影（图 17-4-14（1）~(2))。

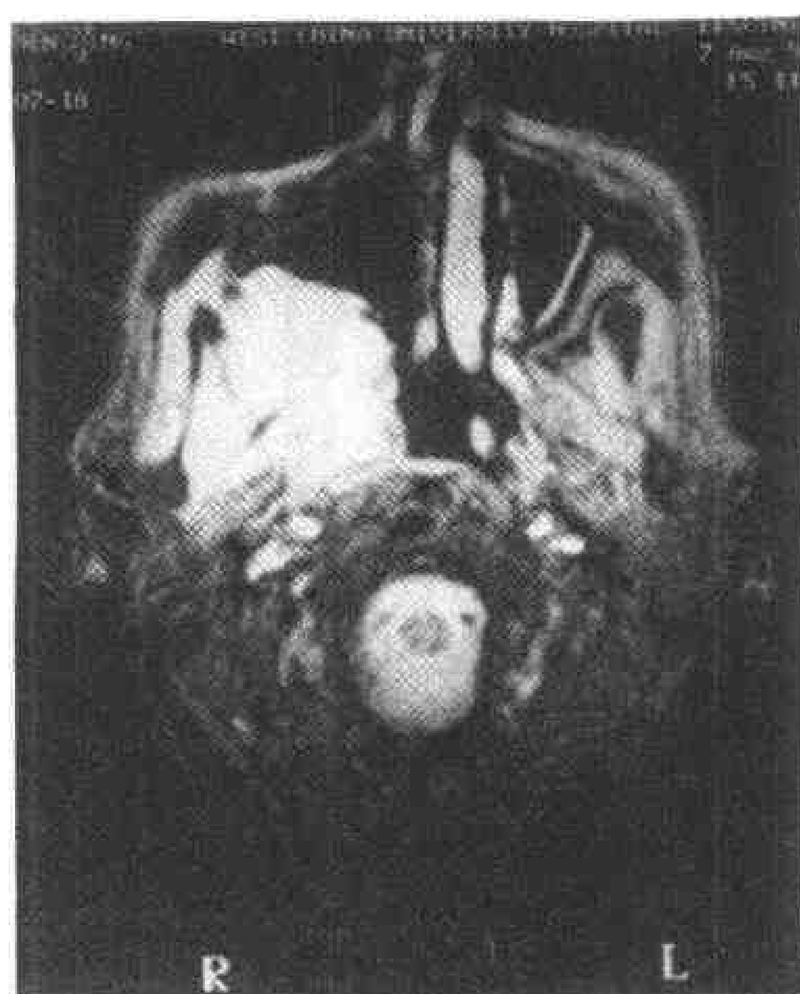
(四) 鼻窦癌

鼻窦恶性肿瘤以鳞癌多见，可为腺癌、囊性腺样癌等。以上颌窦最好发，次为筛窦。额窦和蝶窦少见，且多为继发性所致。

MRI 表现　窦腔内软组织肿块，肿块基底部



(1)



(2)

图 17-4-14　右颞下间隙腺癌
横断位，T_1 加权呈等信号肿块，右上颌外壁受压前移；T_2 加权呈明显高信号影

窦腔骨壁常破坏，为软组织肿块取代，并向邻近窦周结构侵犯。上颌窦癌者，可向鼻腔、牙槽突、颞下间隙等蔓延，使相邻窦壁外脂线消失。由于窦口阻塞，常继发鼻副窦炎症。T_1 加权上，窦腔内、窦腔壁和窦腔外软组织肿块相融合，呈等信号影；T_2 加权上呈稍高信号影。磁显葡胺 MR 增强呈明显强化。MRI 多方位观察，可显示鼻窦骨质破坏及肿瘤侵犯范围（图 17-4-15）。

（五）涎腺恶性肿瘤

口腔颌面部涎腺恶性肿瘤以腮腺癌多见。其中，又以粘液表皮样癌（mocoepidermoid carcinoma）好发，次为腺癌，鳞状细胞癌、未分化癌。颌下腺癌则以腺样囊性癌、恶性多形性腺瘤和腺癌好发。

MRI 表现　腮腺内肿块常呈分叶状，边缘不规则。T_1 加权上呈稍低不均信号肿块影，T_2 加权呈稍高信号，亦不均匀。磁显葡胺 MR 增强，呈不均匀强化，边缘模糊。如肿块较大，可侵犯全部腮腺，并向咽旁间隙、颞下间隙、甚至颅底、颌骨侵犯。伴淋巴结肿大与融合（图 17-4-16（1）～（2））。

（六）脊索瘤

颅底脊索瘤（Chordoma）起源于胚胎脊索残余组织。以枕骨斜坡好发，可见于蝶鞍、鞍旁及颅中窝底，甚至鼻咽部等。

MRI 表现　颅底枕骨斜坡呈溶骨性破坏，边缘不规则，向颅内及鼻咽腔膨胀，甚至侵及上颌窦、岩尖、颞下间隙，累及海绵窦或颅神经。脊索

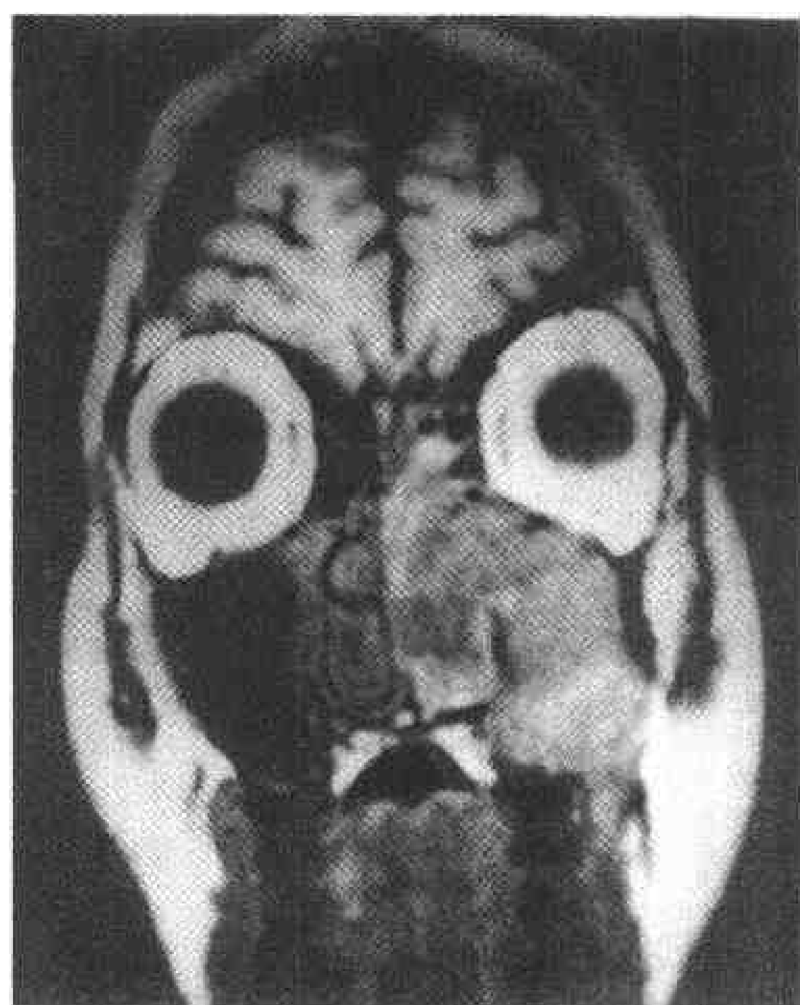
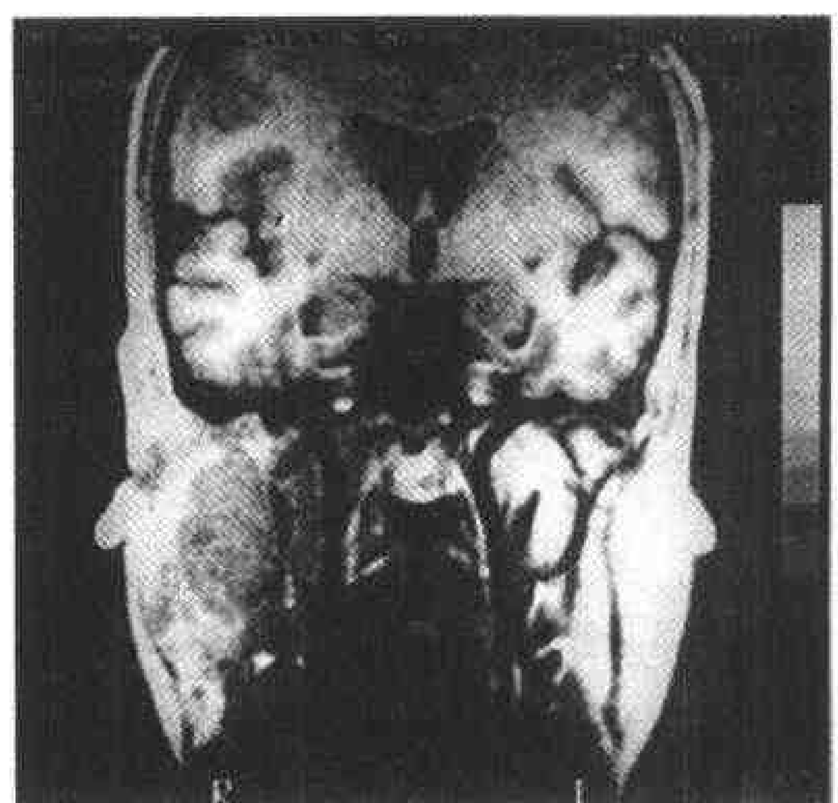


图 17-4-15　左鼻腔、上颌窦鳞癌
冠状位、左鼻腔、上颌窦肿块，累及左筛窦及颧骨，骨壁破坏。T_1 加权肿块呈等信号影



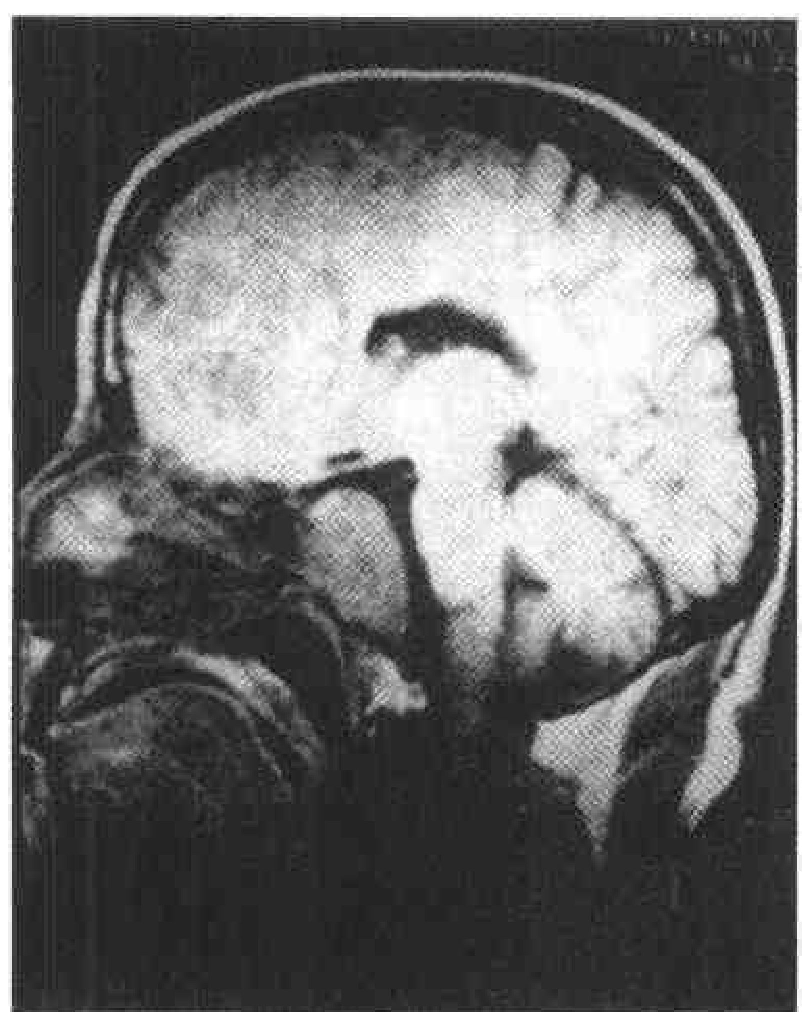
(1)



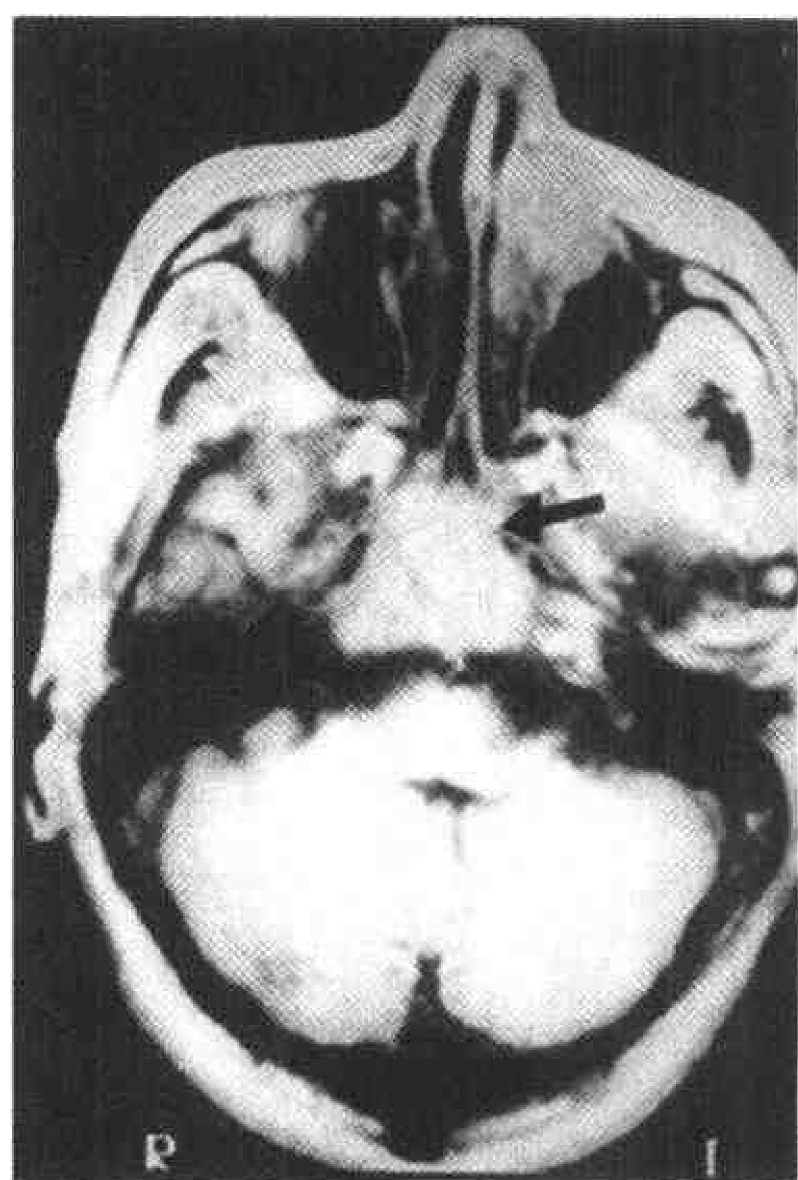
(2)

图 17-4-16 右腮腺多形性腺瘤恶变

（1）横断位，T_1 加权，肿块不规则等信号影，前内缘不清（↑）；（2）冠状位、T_1 加权，肿块呈卵圆形等信号影，内缘毗邻颈内静脉



(1)



(2)

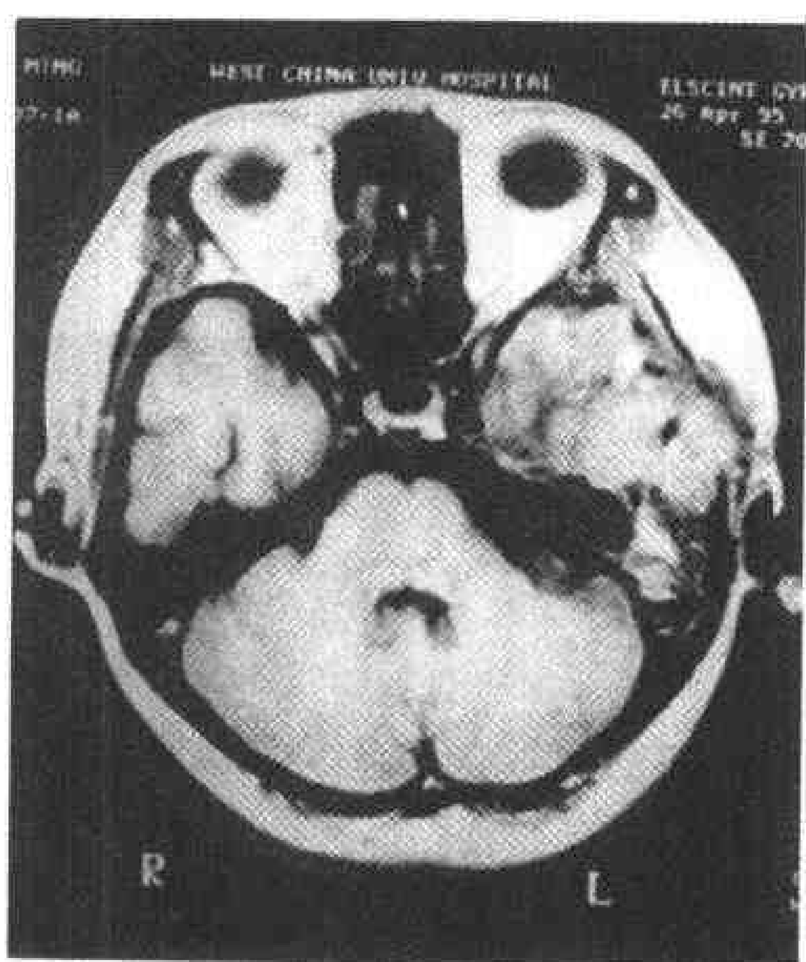
图 17-4-17 脊索瘤

枕骨斜坡骨质溶骨性破坏。T_1 加权呈等信号影，并增大（↑），左鼻腔前方亦有等信号肿块，为鼻腔鳞癌

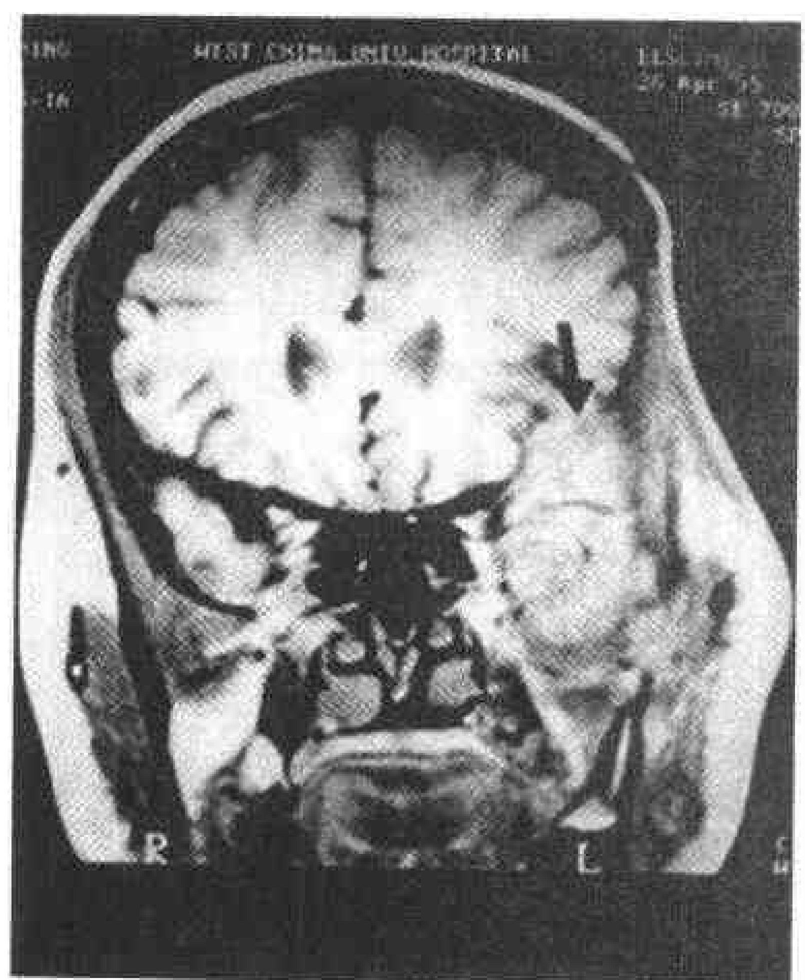
瘤使斜坡骨髓腔侵犯，在 T_1 加权上呈等信号或混杂信号；T_2 加权上，呈不均匀高信号。钙化斑呈低信号。磁显葡胺 MR 增强，呈不均匀强化肿块。根据病变部位及 MRI 表现特点，可明确诊断（图 17-4-17（1）～（2））。

（七）转移瘤

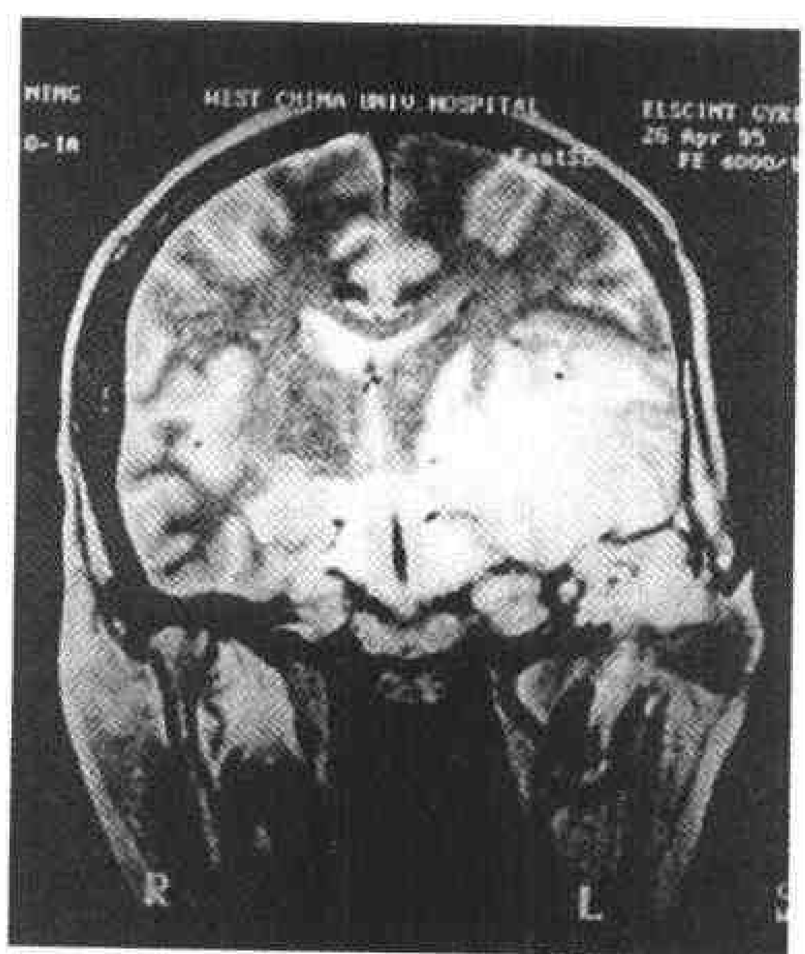
口腔颌面部转移瘤，常为血源性，亦可由邻近恶性肿瘤直接蔓延。血行转移者，以肺癌、肝癌、



(1)



(2)



(3)

图 17-4-18　转移瘤

(1) 横断位，T_1 加权左颞骨溶骨破坏；(2) 冠状位，左颞骨、蝶骨、左颞颌关节骨质破坏，软组织肿块向周围浸润（↑）；(3) T_2 加权，呈高信号，继发左颞叶脑水肿

成骨肉瘤等多见。颌骨及颅底骨均可受累。

MRI 表现　颌骨呈溶骨性破坏，在上颌骨者，可同时侵犯相邻颞骨、颞颌关节、眼眶、鼻窦等。呈不规则肿块。T_1 加权呈等信号影；T_2 加权呈高信号影。磁显葡胺 MR 增强，呈明显强化。如颅板破坏，可使相邻脑膜、脑实质受累，继发脑水肿，颅内占位性改变（图 17-4-18 (1)～(3)）。

四、口腔颌面部外伤

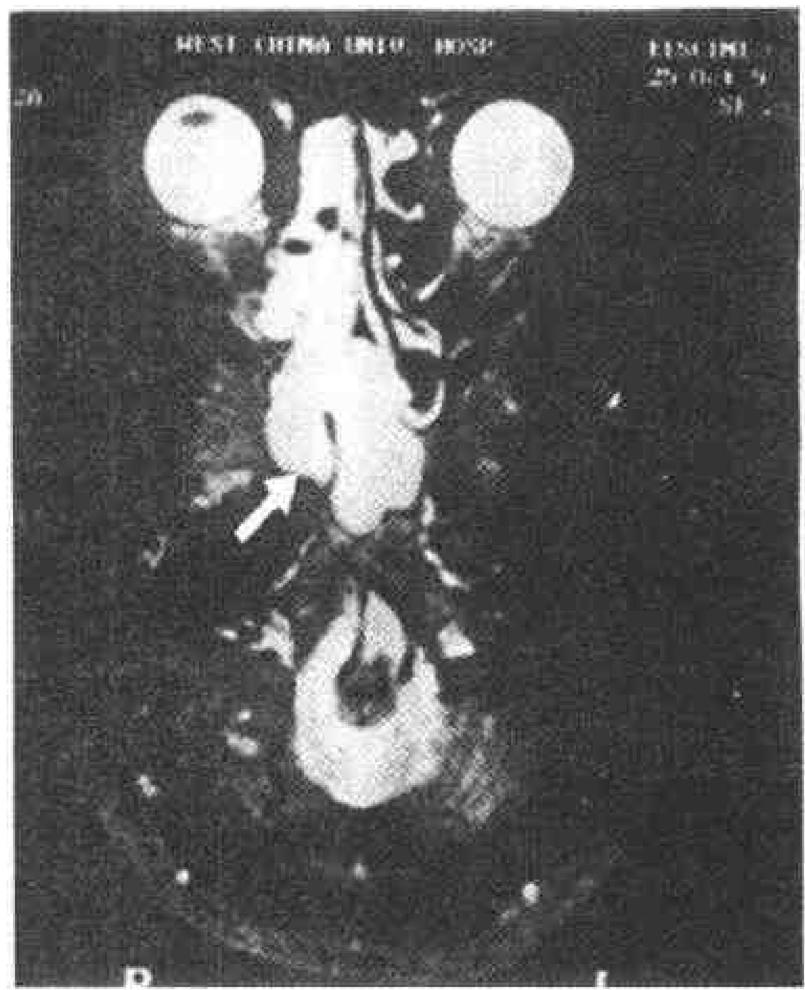
口腔颌面部外伤常合并颅脑及身体其他部位损伤。常见者为颌骨骨折及颞颌关节脱位。

MRI 表现　颌骨骨折者低信号的骨皮质中断，并移位，伴周围软组织肿胀及血肿。上颌骨骨折，常伴鼻窦腔积液。颅底骨折累及蝶筛窦者，可见液

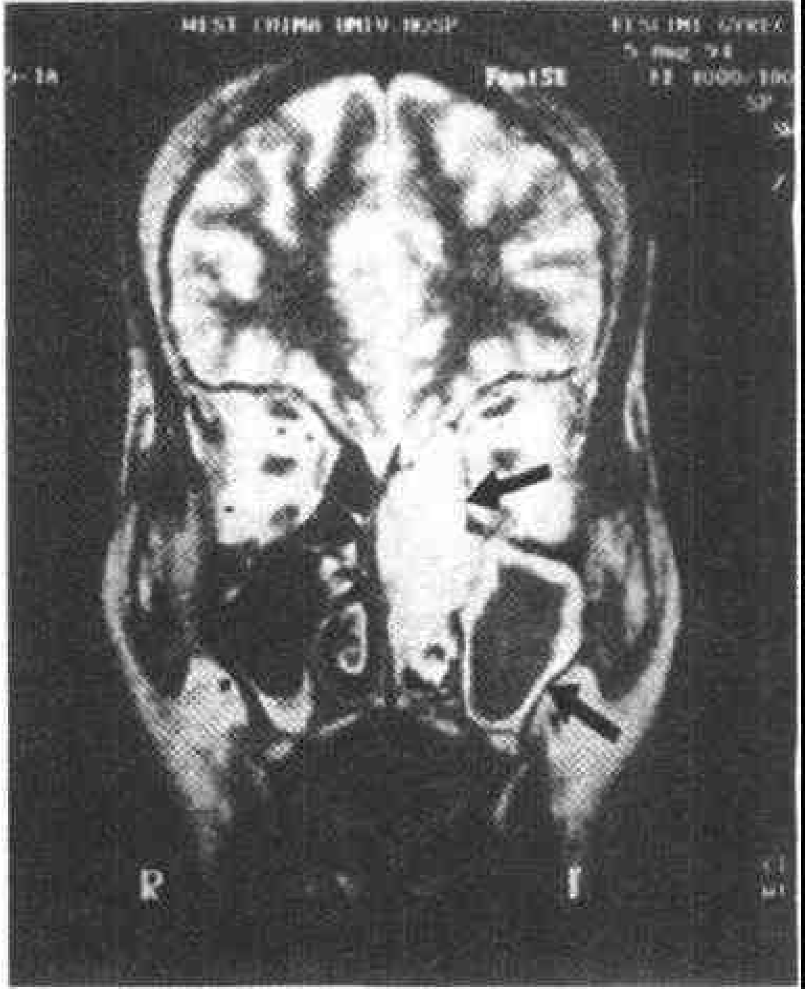
面，提示为骨折所致。如伴有脑脊液漏者，常可见筛板变形，T_2 加权呈高信号影，冠状位具有重要诊断价值。上颌窦顶或筛骨垂直纸板，常发生爆裂骨折。T_1 加权上显示眶内脂肪从骨折处疝入鼻窦腔。

五、口腔颌面部感染

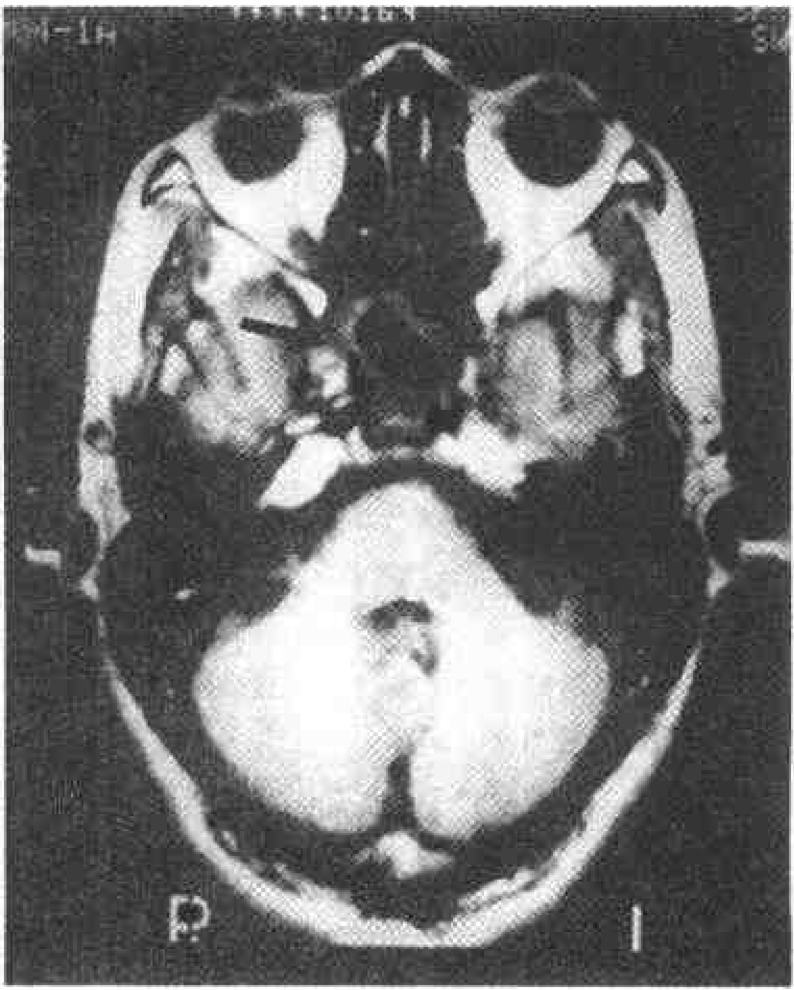
口腔颌面部感染以化脓性者最多见，结核、真菌及寄生虫感染少见。可为牙源性、鼻源性、外伤性或血源性所致。最常见者为颌骨骨髓炎与颌面深



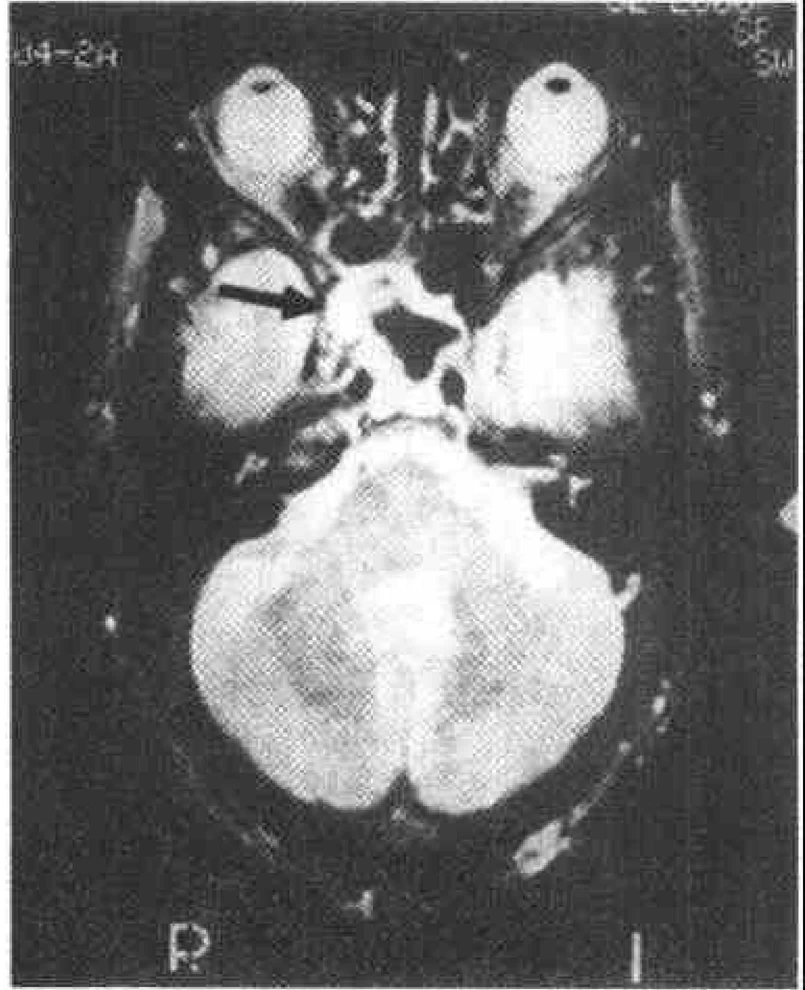
(1)



(2)



(3)



(4)

图 17-4-19 慢性鼻窦炎

(1) T_2 加权，右筛窦及蝶窦明显高信号影，无骨壁破坏；(2) T_2 加权，左筛窦呈高信号影；上颌窦为环状粘膜增厚；(3)～(4) T_1 加权、蝶窦粘膜增厚，呈等信号；T_2 加权呈高信号影（↑）

部软组织感染。

（一）颌骨骨髓炎

口腔颌面部颌骨骨髓炎（osteomylitis of jaws）主要有中枢性和边缘性骨髓炎。

MRI 表现　颌骨骨质不规则破坏，正常低信号骨皮质及高信号骨髓腔中断消失。T_1 加权呈等信号影；T_2 加权呈高信号。较小死骨不能显示，不及 CT 清楚。

（二）鼻窦炎

口腔颌面部鼻窦炎十分常见。好发于上颌窦及筛窦，亦可仅为蝶窦或额窦，或为全鼻窦受累。慢性者，可继发鼻窦息肉及粘液囊肿。

MRI 表现　鼻窦腔内沿窦壁粘膜肿胀增厚，T_1 加权呈线状等信号影，T_2 加权呈明显高信号影。鼻岬亦常肥大。伴发息肉或囊肿者，呈圆形、卵圆形肿块影，T_1 加权呈等信号、T_2 加权呈明显高信号。含蛋白或出血多者，T_1 加权上亦可呈高信号影。息肉或囊肿特点是均匀一致，边缘光滑，附丽处窦壁骨质呈完整低信号影，且窦腔外无软组织肿块侵犯（图 17-4-19（1）～（4））。

（邓开鸿）

第五章　放射性核素显像检查

第一节　概　　述

放射性核素显像（radionuclide imaging，RI）是根据放射性核素示踪原理，将能选择性聚集在特定脏器组织或病变的放射性核素及其标记化合物（显像剂）引入机体，利用核医学显像仪器在体外进行探测，获得受检部位的放射性分布图像，借以显示脏器组织或病变的形态、位置、大小及其功能结构的变化，为疾病的诊断提供依据。

核医学显像仪器目前最常用的是以发射γ射线的放射性核素作显像剂的γ照相机和单光子发射计算机断层显像仪（Single photon emission computed tomography，SPECT）。γ照相机是对体内放射性核素分布进行一次成像并能做出动态观察的一种仪器，由闪烁探头、电子学线路、显示记录装置以及一些附加设备组成。γ照相机作为一种无创性的诊断手段，其主要优点是：不仅可作静态显像，而且可作快速连续显像，追踪和记录放射性核素在体内随时间的实时变化，可对受检器官组织的形态、功能和生理代谢变化进行动态研究；可进行多体位、多部位观察；通过计算机数据采集和对图像的相应处理，可获得有助于诊断的定量数据或参数。其缺点是只能作平面显像。SPECT是继γ照相机之后具有重大发展的核医学显像仪器，通常由探头可绕病人旋转的γ照相机和计算机组成。显像时，探头绕病人旋转180°或360°采集一系列图像（或称投影），由计算机记录处理，用滤波反投影的方法产生横断面图像，横断面图像经过重新组合，可获得冠状面和矢状面及三维立体图像。其主要特点是：除具有普通γ照相机的优点及完成普通γ照相机的一切工作外，还可做断层显像，定位准确，图像质量高。

核医学显像仪器的最新发展是以发射正电子的放射性核素作显像剂的正电子发射计算机断层显像仪（Positron emission computed tomography，PET）。正电子放射性核素发射出的正电子（β^+）在极短时间内与其邻近的电子（β^-）发生碰撞产生湮没辐射。PET是专门探测体内湮没辐射并进行断层显像的仪器，其探头常常是由数百个成对分布的γ闪烁探测器组成的环形装置，人体置于环中，体内的湮没辐射产生的成对光子可投影到相应的成对探测器中，四周众多的探测器获得的这些投影信息就可用以重建断层图像。与SPECT比较，PET的特点是：可用组成人体主要元素的短寿命核素如^{11}C、^{13}N、^{15}O等作示踪剂，且易于标记各种生命必需的化合物和代谢产物，从而有利于人体生理、生化代谢过程的研究；可得到示踪剂三维分布的定量结果；能够从一定体积的组织快速获得其他显像方法不能达到的多达63个层面的断层影像；可以获得全身断层影像并可任意用冠状面、横断面或矢状面展示。因此，PET有可能无创性、动态地、定量地从分子水平观察人体内的生理、生化变化，具有高灵敏度、高清晰度和精确定量分析的优点，是当前最理想的定量代谢显像技术。但因其造价昂贵，在国内的应用尚处于起步阶段。

在临床诊断上，放射性核素显像安全、无创；既反应结构形态的变化，又灵敏地反应生理和病理生理的变化，属于功能结构显像；既能进行静态平面显像和断层显像，又能进行动态的定量观察，故可获得四维（横断面、冠状面、矢状面和时间）显像资料，是其他许多检查技术无法代替的。由于各脏器组织的功能是复杂的，生物学特点各异，故各种放射性核素显像检查的原理和所使用的放射性示踪剂不尽相同。

放射性核素显像在口腔颌面部疾病方面的应用主要包括唾液腺显像及其功能测定、面颌骨显像、颈淋巴结显像和头颈部肿瘤显像等，对口腔颌面部疾病的诊断、治疗方案的制定以及疗效随访等有重要作用。放射性核素显像的发展，取决于核医学显像仪器和放射性核素显像剂的发展。在显像仪器方面，近年来，SPECT在国内已经普及应用，被誉为迈人分子核医学重要标志的PET在国内一些医学中心已经投人使用，许多大城市的医疗机构正积

极筹建PET中心。在显像剂方面，近年来国内亦取得重要进展，如^{99m}TC受体药物研究的重大突破，加速器生产的^{111}In、^{123}I及其标记的单抗和受体配基的发展，以及与PET技术配套的正电子发射体^{11}C、^{13}N、^{15}O和^{18}F等标记药物的发展，都为放射性核素显像的发展注入了新的活力，奠定了坚实的基础。可以预料，这种医学现代化重要标志之一的新兴技术，必将对口腔颌面部疾病发病机制的研究以及临床诊断治疗作出更大的贡献。

第二节 放射性核素唾液腺显像

在核医学显像技术应用之前，临床上对唾液腺的检查主要依赖X线比衬造影。该方法仅给予导管系统状态的直接信息，对腺体实质的损伤系间接地根据导管系统的改变进行评价，不能提供功能性资料，需要插管，给病人带来不适，故应用受限。同样，CT和MRI虽能提供腺体结构和与相邻结构关系的有价值的解剖资料，但仍缺乏功能性评价。放射性核素唾液腺显像通过向机体引入少量放射性示踪剂，在生理状态下从体外追踪检测，可无创地直接显示唾液腺实质组织和各种功能情况，如血流、导管上皮摄取功能、导管系统的通畅性等，故是一种生理学方法，常常能在形态学改变和临床表现发生之前揭示全身性疾病的唾液腺异常，有重要临床价值。虽然放射性核素唾液腺显像有时难以检测直径较小的占位性病变和将腺体内、外病变相鉴别，但对某些肿瘤，例如Warthin瘤，检测的敏感性和特异性均很高。

一、原 理

唾液腺血供丰富，系体内能摄取和分泌过锝酸盐和碘离子的腺体之一。^{99m}Tc-过锝酸盐($^{99m}TcO_4^-$)静脉注射后，迅速地随血流到达唾液腺，被小叶内导管上皮细胞所浓聚（腺泡细胞无浓聚功能），并分泌入导管，最后与唾液一起排入口腔。因此，$^{99m}TcO_4^-$唾液腺显像能如实地反映腺体的血流、大小、形态、位置和放射性分布状况，为疾病的诊断提供依据。

$^{99m}TcO_4^-$唾液腺显像可分为三个时相：①血流相：在注射后1分钟内，核素主要存在于血管内，腺体尚无明显摄取，反映腺体的血流灌注情况。这对许多唾液腺弥漫性疾病患者特别重要，因其对$^{99m}TcO_4^-$摄取可能很低，以致晚期时相唾液腺不显影，而灌注研究则可提供腺体大小和形态的重要信息。②摄取相：反映小叶内导管上皮的摄取功能。③排泄相：唾液腺摄取到一定程度后，核素随唾液排入口腔。当唾液腺发生占位性病变或炎性病变时，由于腺体及导管的结构、形态和功能改变，则可见血流灌注、摄取和排泄相应发生异常。

唾液腺虽然能摄取放射性碘，但^{131}I由于其物理性能欠佳，不宜用于唾液腺显像；^{123}I有适宜于显像的较佳的物理性能，但系加速器生产，价格昂贵，使用亦较少。^{99m}Tc半衰期仅6小时，发射能量为140keV的纯γ射线，能获得优质图像，对病员辐射剂量低，故最常采用。过氯酸盐和阿托品将分别影响^{99m}Tc的摄取和排泄，但碘化物对唾液腺摄取$^{99m}TcO_4^-$的阻滞程度较小，即使摄入足以影响$^{99m}TcO_4^-$甲状腺显像的碘化物，亦能获得良好的唾液腺显像。

二、检查方法和结果分析

（一）动态显像

为了解唾液腺功能而进行动态显像时，显像前不应使用过氯酸钾和阿托品等能影响唾液腺摄取和排泄$^{99m}TcO_4^-$功能的药物。检查时，病员仰卧于γ照相机探头下，鼻颏线与准直器表面平行，眼外眦和外耳道连线与垂直线约呈20度角。静脉弹丸式注入$^{99m}TcO_4^-$ 370～555MBq（10～15mCi）后，立即作血流相显像，1帧/3秒，共1分钟；以后则以1帧/分的速度连续摄片至45～60分钟，获得摄取和排泄相影像。在注射后15～20分钟时，在保持头部不动的情况下进行酸刺激试验，即令受试者口含25%柠檬酸0.2ml或嚼碎200mg Vit C片，刺激唾液分泌，观察和分析放射性下降情况。动态显像完毕，向左和向右转动颜面约60度分别拍摄侧斜位没有重叠的双侧腺体影像。显像结束后，在计算机屏幕上选择唾液腺轮廓较清楚的一帧，分别框出双侧腮腺、颌下腺以及颞部感兴趣区（ROI），获得时间-放射性曲线（颞部ROI系作为血液本底放射性参考）。按临床需要，根据曲线可计算求出下

列半定量参数：

①腺体的最大浓聚时间（T_{max}）。

②T_{max}时腺体放射性与血液放射性比值。

③每个腺体放射性与四个被检腺体总放射性之比（%）。

④T_{max}后5分钟时的计数为最大计数的百分率（E_5%）。

⑤酸刺激后3分钟内被检腺体的排泄百分率。

⑥口腔放射性出现时间和口腔放射性大于腮腺放射性时间。

⑦唾液腺/甲状腺放射性比值。

另一种半定量动态显像的方法是受检者仰卧于γ照相机探头下，体位同前，静注$^{99m}TcO_4^-$ 185MBq（5mCi）后，立即以5、10、15和20分钟分别进行显像，15～20分钟之间还可进行侧斜位或侧位显像。紧接进行酸刺激试验，病员在20秒内口服柠檬汁5ml，随即用5ml清水漱口，将刺激后最初2分钟的唾液弃去，此后准确收集10分钟内的唾液（注意此期间的唾液不能吞咽，而需全部收集），在收集唾液的中点时间从非注射侧肢体抽取血液样品，加水稀释唾液，取血清及与血清等容积的唾液稀释液进行放射性计数测定，结果按下述公式计算：

$$酸刺激唾液清除率=\frac{稀释唾液计数率/ml\times 稀释唾液总量\ (ml)}{血清计数率/ml\times 时间\ (10min)}$$

正常值＞15ml/min（15～40.3ml），本法能定量判断唾液腺功能受损情况。

根据$^{99m}TcO_4^-$唾液腺动态显像的形态、大小和时相变化，可将唾液腺功能状态分为4级：

Ⅰ级（正常图像）：唾液腺形态、大小和放射性分布正常，$^{99m}TcO_4^-$静注后被唾液腺迅速摄取。10分钟内可见口腔“半月形”放射性区，腮腺内放射性20～30分内达高峰，口腔放射性迅速明显高于腮腺。

Ⅱ级（轻度功能减低）：唾液腺外形增大，口腔放射性出现时间在正常范围，腮腺放射性高峰时间和口腔放射性大于腮腺放射性时间明显延迟。

Ⅲ级（中度功能减低）：唾液腺外形增大，放射性浓集减低，口腔放射性出现时间、腮腺摄取高峰时间和口腔放射性大于腮腺放射性时间明显延迟，但60分钟内唾液腺可清楚显示。

Ⅳ级（重度功能减低）：120分或更长时间唾液腺不显影，见不到口腔放射性。

（二）静态显像

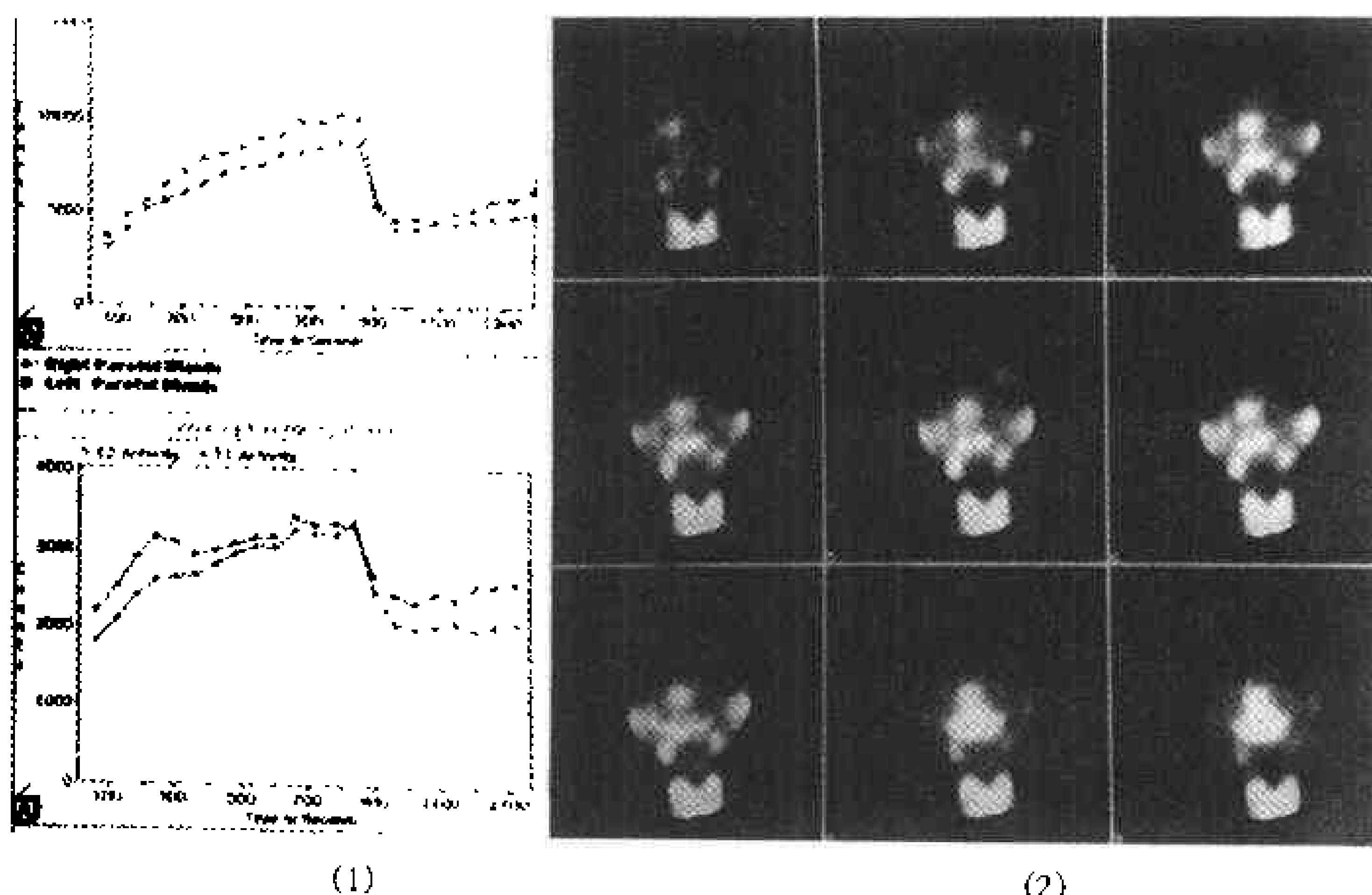
若侧重观察唾液腺形态学改变只作静态显像时，在注射$^{99m}TcO_4^-$前半小时皮下注射硫酸阿托品0.5mg，可以抑制唾液腺分泌，减少口腔的放射性，有助于唾液腺显影更清晰。静态显像在静注$^{99m}TcO_4^-$ 259～296MBq（7～8mCi）后20～30分钟进行，漱口后取前位和双斜侧位采集，每帧300K计数。唾液腺内占位性病变，除Warthin瘤等少数情况为热区外，多数表现为冷区，各种原因所致的功能降低，均表现为局灶性或弥漫性稀疏缺损区。

上述静态显像结束后亦加作酸刺激显像，观察放射性分布变化，但采用这种显像方式时，检查前最好不用阿托品准备。

三、正常图像

正常人唾液腺显像见图17-5-1。$^{99m}TcO_4^-$静注后，几秒钟便随血流到达唾液腺，可见腺体血管的充盈影像。1分钟后，唾液腺开始摄取$^{99m}TcO_4^-$，多数人在5～10分钟达峰值，清楚显示腺体的大小、形态和位置。给药后10～40分钟为唾液腺的排泄相，酸刺激试验后，唾液腺放射性迅速降低。口腔放射性出现时间平均为7.5分钟，口腔放射性大于腮腺放射性时间平均为41分钟。正常情况下，唾液腺和甲状腺摄取速度相同，单位面积唾液腺和甲状腺在摄取相的放射性大致相当（仅在稍高或稍低的范围内变化），因此，唾液腺/甲状腺放射性比值可作为评价唾液腺摄取功能的半定量指标。

前位静态显像见腮腺和颌下腺显影清晰，轮廓完整，腺内放射性分布均匀，腮腺影像常较颌下腺影像更为明显，左右腺体的位置、大小对称。口腔放射性较多，常显影明显。口腔放射性主要是由于大的唾液腺（腮腺、颌下腺）将$^{99m}TcO_4^-$分泌人口腔，在口腔粘膜上吸附，而非舌下腺和小唾液腺分泌引起，这已为结扎腮腺和颌下腺插管前后进行显像实验所证明。$^{99m}TcO_4^-$唾液腺显像舌下腺和颚腺不显影。侧位腮腺影像呈上端稍宽的卵圆形，颌下腺近圆形。酸刺激试验时，颌下腺放射性减低较腮腺缓慢。



(1) (2)

图 17-5-1 正常 $^{99m}TcO_4^-$ 唾液腺显像

(1) 上图为左、右腮腺的时间-放射性曲线;下图为左、右颌下腺的时间-放射性曲线;(2) 静注 $^{99m}TcO_4^-$ 后1帧/2分系列唾液腺显像。$^{99m}TcO_4$ 静注后,腺体内放射性迅速增高,腮腺、颌下腺影像逐渐增浓,于15分钟时进行酸刺激试验,唾液腺放射性急剧降低,影像变淡,口腔放射性明显增高

四、临床应用

(一) 炎症

细菌性或病毒性急性唾液腺炎,被累及的腺体(单个或多个)由于感染充血或水肿压迫小叶内导管,$^{99m}TcO_4^-$ 摄取明显增加,时间-放射性曲线最初急速升高。在炎症早期,由于强烈的实质充血,T_{max}缩短,而 E_5%正常;当水肿压迫小叶内导管发展时,因主要累及唾液分泌,E_5%值延长,T_{max}可能正常。

慢性唾液腺炎在疾病的不同发展阶段其显像表现各异。炎症早期阶段,T_{max}正常,E_5%有一定延长,因此时只有分泌功能受影响,腺体实质无明显累及。随着炎症过程的发展,T_{max}和 E_5%均延长,时间-放射性曲线变平,以致某些半定量参数不可能根据曲线计算。严重的慢性萎缩性唾液腺炎,腺体浓集示踪剂能力可完全丧失。

炎症可能伴有涎石病,导致不同程度的导管阻塞。由于阻塞的程度不同,从急性炎症到慢性炎症的显像特点均有可能出现。完全性长期导管阻塞,引起实质萎缩和腺体无功能,呈放射性减低的"冷"区;部分阻塞导致放射性滞留,呈放射性增加的"热"区。这种鉴别是重要的,以便确定适当的手术方法。

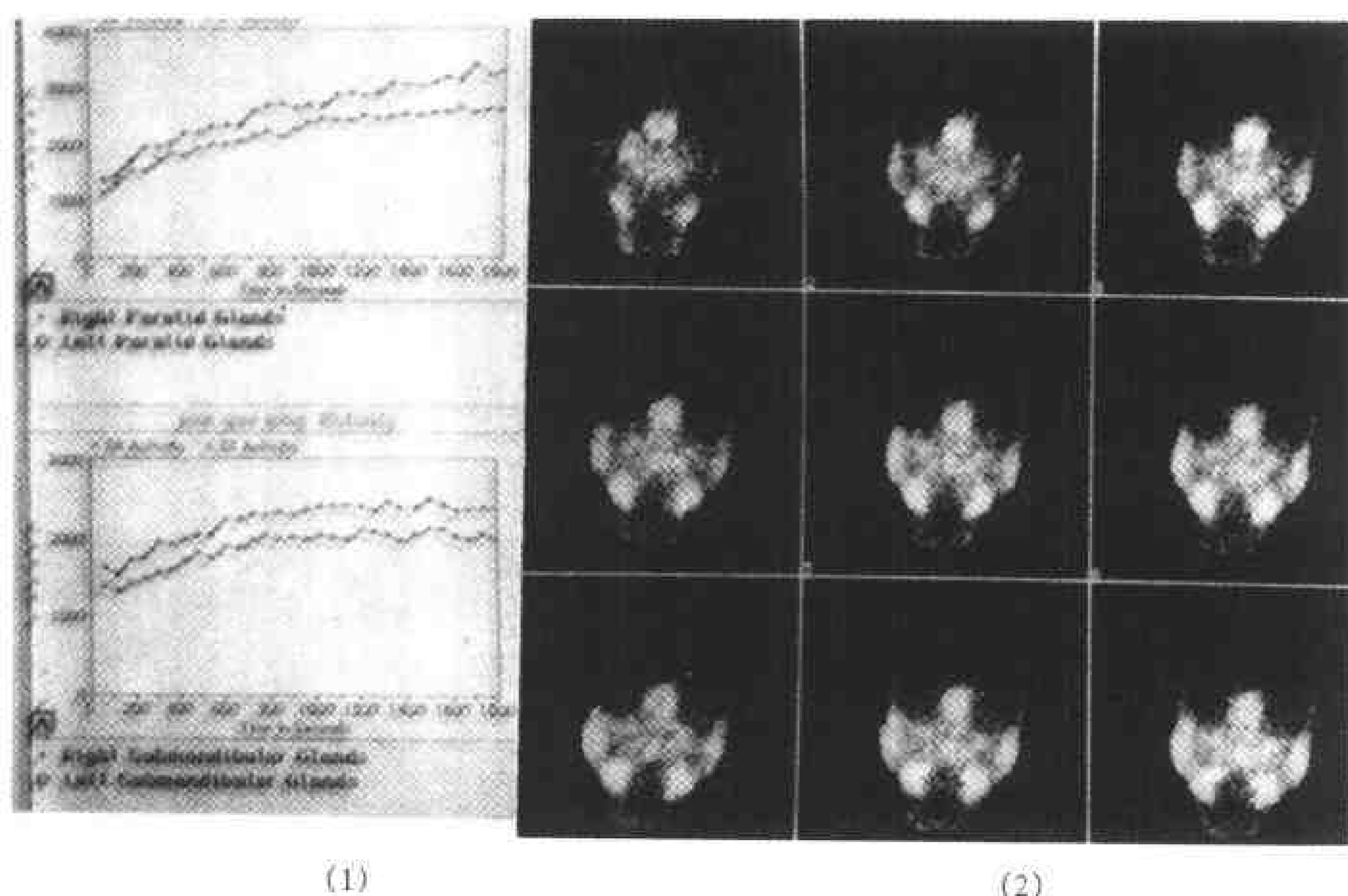
定量唾液腺显像具有较大的临床意义。当存在不确切的临床症状和不明显的腺体肿胀时,唾液腺显像是首选检查方法。显像阴性,可排除较大的占位性病变;出现急性或慢性特点的时间-放射性曲线和半定量参数,可能支持炎症诊断。

此外,在涎石病抗炎、抗菌或手术治疗之后,唾液腺显像是最敏感可靠的唾液腺功能恢复的指针。凡唾液腺手术患者,最好在术后3、6、9个月进行唾液腺显像,以评价腺体的恢复和是否需要抗炎治疗。同样,炎症性疾病的药物治疗,亦可根据时间-放射性曲线的半定时参数结果进行调整,尤其是疗程结束应进行放射性核素显像检查。

(二) Sjögren 综合征

这是一种自体免疫性慢性炎症,亦称口、眼干燥综合征,是慢性唾液腺炎的一种特殊类型,腺体稍肿大,无肿块,常伴有类风湿性关节炎以及其他结缔组织和胶原血管疾病,例如系统性红斑狼疮,结节病和多肌炎。

口腔干燥是一种临床难以评价的症状。在放射性核素方法之前,难以客观测定。放射性核素唾液腺显像能够将 Sjögren 综合征所致的真正口腔干燥和身心性口腔干燥鉴别开来。身心性口腔干燥显示



(1) (2)

图 17-5-2 Sjögren 综合征 $^{99m}TcO_4^-$ 唾液腺显像

(1) 上图为左、右腮腺的时间-放射性曲线；下图为左、右颌下腺的时间-放射性曲线。(2)静注 $^{99m}TcO_4^-$ 后1帧/2分系列唾液腺显像。$^{99m}TcO_4^-$ 静注后，腺体内放射性上升缓慢，曲线平坦，于15分钟时进行酸刺激试验，腮腺和颌下腺放射性不但未见下降，而且继续上升

功能性腺体，对酸刺激迅速反应，而 Sjögren 综合征多表现为所有唾液腺聚集放射性很少，甚至完全不显影，口腔内放射性更少，酸刺激也不见明显增高（图 17-5-2）。一般的慢性腮腺炎呈轻度功能障碍较多，腺体肿大较明显。涎结石和导管开口狭窄所致的口干和涎腺增大，酸刺激后放射性反而上升，可与 Sjögren 综合征相鉴别。

若将放射性核素唾液腺显像、放射性核素泪腺显像和 ^{67}Ga 显像相结合，则更有利于将单纯性的慢性炎症和 Sjögren 综合征相鉴别。Sjögren 综合征时泪腺和唾液腺显像异常，且泪腺和唾液腺均存在 ^{67}Ga 的高度摄取。放射性核素显像可用于药物疗效观察。因为目前尚无其他方法可以测定此综合征的轻微复发，故药物治疗疗程结束后 1 个月进行放射性核素显像是适宜的。

（三）面神经麻痹

最严重的面神经麻痹通过面神经岩部内束手术减压可能得到明显改善。然而，麻痹的病程不可能仅根据临床表现来判断。研究表明，同侧颌下腺排泄功能的损害是评价面瘫发展的可靠指标，当患侧和健侧腺体曲线之间相差＞20%时，应选择手术治疗，否则应选择药物治疗。

（四）颈部放疗后遗症

头颈部癌进行外放疗或间质放射治疗以及甲状腺癌 ^{131}I 治疗之后，唾液腺的功能性损伤实际上是不可避免的。利用时间-放射性曲线和半定量参数可测定对唾液腺的剂量-反应关系。放疗前唾液腺显像若发现急性或亚急性炎症表现，则放疗应推迟到抗炎治疗之后。放疗后进行唾液腺显像有助于决定下一个疗程应该间隔的时间和采取相应的治疗措施。

（五）唾液腺肿瘤

唾液腺的原发肿瘤较少见，多数为良性。各唾液腺之间，体积越大者肿瘤发病率越低；而体积越小者恶性的可能性越高。因此，虽然舌下腺肿瘤非常少见，而恶性可能性较高。由于唾液腺肿瘤的病理结构差异较大，$^{99m}TcO_4^-$ 显像的差异也较大。

一般说来，唾液腺显像诊断肿瘤的临床价值是有限的。第一，多数唾液腺肿瘤显像为“冷”区，而“冷”区的特异性很差，因为不论什么性质的新生物，甚至脓肿、囊肿以及其他原因的摄取减低均可为“冷”区；第二，较小的病变易漏诊；第三，难以判定缺损是在腺体内或腺体外，是在腺体表面或深面。

然而，唾液腺显像对 Warthin 瘤（淋巴乳头状囊腺瘤）的诊断具有重要的临床价值。第一，

Warthin瘤与唾液腺其他占位性病变相反，其唾液腺显像儿乎总是表现为"热"区。至目前为止，已知能对$^{99m}TcO_4^-$浓聚增加的唾液腺肿物除Warthin瘤外，只有极少数的大嗜酸粒细胞瘤（或嗜酸性腺瘤）、腺样囊腺癌和多形腺瘤（混合瘤），故唾液腺显像诊断Warthin瘤具有很高的特异性。第二，"热"区在图像上更易识别，放敏感性亦较高（>90%）。Warthin瘤细胞摄取$^{99m}TcO_4^-$增加是其组织学所决定的，因它起源于掺人邻近淋巴结的或埋人腮腺的导管包涵物，其肿瘤的涎管细胞成分如像腮腺导管上皮细胞一样可摄$^{99m}TcO_4^-$，并将其分泌人中央管腔内。但此肿瘤具有分泌功能的结构不与导管系统相交通，储留在肿瘤内的锝不能排出，随时间延长，正常组织内的锝逐渐排出，肿瘤区放射性越见明显，酸刺激后，肿瘤区放射性更加清楚（图17-5-3）。因而，对Warthin瘤的诊断，延迟显像和酸刺激是十分重要的。Warthin瘤一般采取手术治疗，但术前诊断存在下列问题：一方面常常难于将其与恶性肿瘤相鉴别；另一方面，许多靠近腮腺后面或下面而不是在腮腺内的Warthin瘤，可能误认为非腮腺病变；此外，Warthin瘤可能是多个的，术前未予诊断，将使手术治疗不彻底。放射性核素唾液腺显像为Warthin瘤的术前定性定位诊断提供了一种非创伤性方法，对病人治疗方案的制定和手术范围的确定有重要意义。

为便于临床分析，现将唾液腺影像变化特点和出现影像异常的原因归纳于表17-5-1。

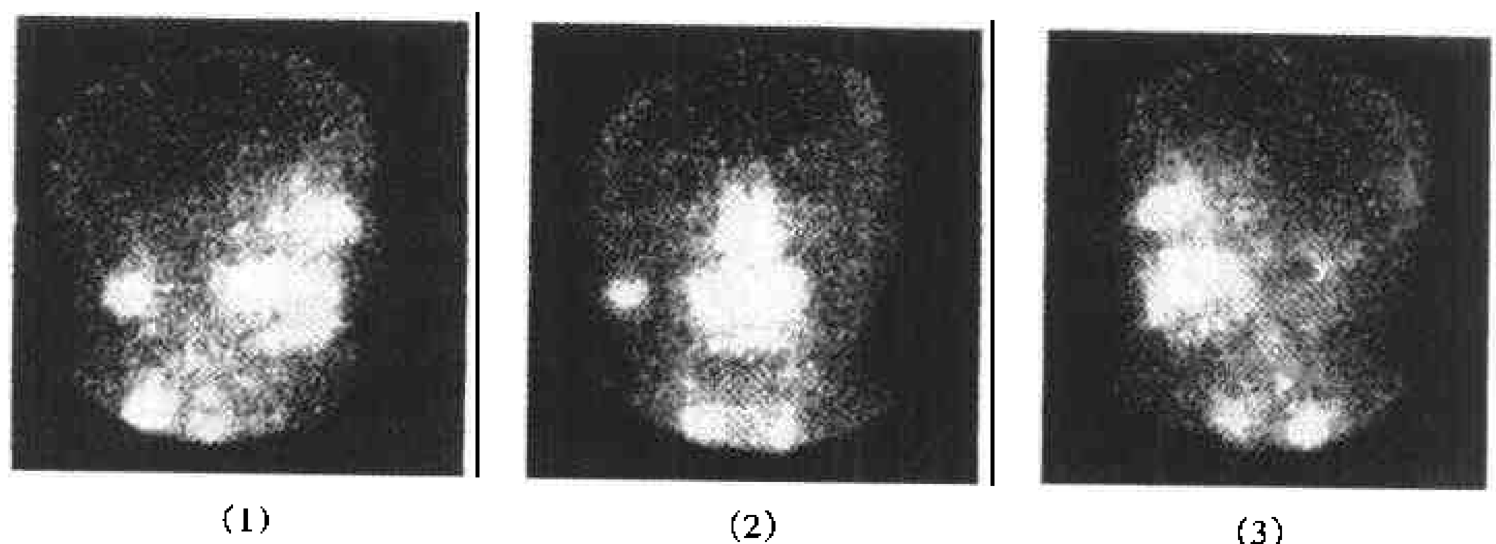


图17-5-3 Warthin瘤$^{99m}TcO_4^-$唾液腺显像

(1)、(2)、(3)分别为静注$^{99m}TcO_4^-$后30分钟经酸刺激后的右前斜位、前位和左前斜位显像，右侧腮腺Warthin瘤部位呈致密圆形放射性浓集影

表17-5-1 $^{99m}TcO_4^-$唾液腺显像异常的原因

影像表现	常见	少见
局部缺损	腮腺混合瘤 鳞状细胞癌 脓肿	转移性肿瘤 淋巴肉瘤 囊肿
局部摄取增高	Warthin瘤	嗜酸性腺瘤
弥漫性摄取降低		
单侧	流行性腮腺炎 放疗 手术 阻塞性涎石病 慢性复发性涎腺炎 外伤	先天性发育不全
双侧	Sjögren综合征 其他系统性结缔组织病 急性化脓性腮腺炎 生理衰老	多中心涎管扩张
弥漫性摄取增加	急性腮腺炎 慢性复发性腮腺炎	
唾液腺移位	下颌肿瘤 病变累及相邻组织	颈动脉体瘤

第三节 颌面部放射性核素骨显像

放射性核素骨显像属于功能代谢显像，虽然在显示骨骼的解剖结构方面不如X线照片，但在疾病情况下，往往功能代谢改变早于形态学的改变，因而对骨骼疾病包括骨肿瘤以及某些良性骨病均有着重要的临床价值。在颌面部主要适用于不明原因的颌骨疼痛，X线检查阴性，而有可疑病变；口腔颌面部恶性肿瘤疑有颌骨受累；颌骨肿瘤，病变范围不明确，或治疗后随访；颞颌关节疾病和骨移植的监测等。

一、原　　理

骨骼由有机物和无机物组成。有机物包括骨细胞、细胞间质（主要由葡萄糖醛酸和氨基己糖的聚

合物组成）和骨胶原；无机物为占骨组织干重2/3的矿物质，其主要成分为羟基磷灰石晶体〔$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$〕，广泛分布于骨骼中。成年人骨骼中晶体的总面积可达$3\times10^8m^2$，可充分与体液中可交换的离子或化合物发生离子交换或化学吸附作用。当用趋骨性放射性核素，如放射性Sr、Ca等碱土金属作显像剂时，就能与晶体上的Ca^{2+}发生离子交换；当用放射性F^-等阴离子作显像剂时，则与晶体上的OH^-进行交换。目前最常用的骨显像剂是^{99m}Tc-PYP（焦磷酸盐）和^{99m}Tc-MDP（亚甲基二膦酸盐）等，主要被晶体表面化学吸附；此外，骨骼内的未成熟胶原对^{99m}Tc-磷（膦）酸盐亦有特异性亲和力，对骨显像亦起着重要作用。由上可见，骨显像时，所有正常骨均可浓聚放射性核素而显影。骨骼部位聚集放射性核素的多少与其血流灌注量及代谢活跃程度有关。当骨骼组织无机盐代谢更新旺盛，局部血流量增加，成骨细胞活跃和新骨形成时，可较正常骨聚集更多的趋骨性放射性药物（显像剂），呈放射性“热”区（浓聚区）。反之，当骨组织血供减少，或病损区发生溶骨性改变时，骨显像剂浓聚减少，则呈放射性“冷”区（减低区）。因此，当骨骼发生病理性改变如炎症、肿瘤、骨折等所致血供、代谢和成骨过程的变化，均可于相应部位出现显影异常，从而对各种骨骼疾病提供诊断和定位依据。

X线摄片诊断骨骼病变需要骨盐密度变化近50%才能显示异常，放射性核素显像是基于局部血流和骨盐代谢的改变，在疾病早期多已明显，因此，骨显像通常较X线提早发现异常，例如对转移性骨肿瘤的诊断可较X线提早3～6个月。

二、检查方法

骨显像剂以磷（膦）酸盐化合物应用最为广泛，主要为含P-O-P键的^{99m}Tc-PYP以及含P-C-P键的^{99m}Tc-MDP和^{99m}Tc-HMDP（羟亚甲基二膦酸）等。其中以含P-C-P键者更优，因为它们在体内较稳定，血液清除速率快，骨摄取迅速。显像方法有下列三种。

（一）静态骨显像

静脉注射^{99m}Tc-MDP 555～740MBq（15～20mCi），2～4小时后，采用γ照相机对头颈部进行前、后和左、右侧位显像。探头配置低能通用型准直器，能峰140keV，窗宽20%。若欲了解局部骨病变与全身骨骼病变的关系，则可进行全身骨显像。必要时可通过计算机技术计算病变与对称部位的放射性比值。

（二）三相骨显像（骨动态显像）

是一种在一次注射显像剂后分三个时相进行显像的方法，以了解局部骨血流，血池和骨盐代谢情况。检查时，静脉注射^{99m}Tc-MDP 740～1110 MBq（20～30mCi），立即以1帧/2～3秒的速度连续采集1分钟，获得血流灌注系列影像，称血流相；接着在1～4分钟采集1～2帧静态影像，为血池相；3小时后再进行静态显像，为延迟相。综合分析三相影像，有助于提高颌面骨骼病变的诊断率。用计算机技术可由血流相系列影像产生病变区和其对称部位的时间-放射性曲线，根据两曲线的峰时和峰值，可对血流灌注进行定量比较研究。

（三）骨断层显像

采用SPECT，配接低能高分辨率准直器，矩阵128×128，探头对准头部，采用圆形采集，每步（帧）25秒。重建前用低通滤波进行均匀性校正，勿需衰减校正，层厚6mm，一般以线性灰度显示。

颜面和颞颌关节病变，骨平面显像常因前后骨骼重叠而影响定位诊断，骨断层显像能将被检部位与周围组织的放射性分开，从而改进靶/非靶组织和信号/噪声比，改善影像对比度，提高诊断准确率。

三、正常图像

静态显像可见全身骨骼显影，放射性呈对称均匀分布，颅骨、颅底、上颌骨和下颌骨均能清楚显示，鼻咽部和鼻旁窦区血流量较高，放射性也相对浓聚。血运丰富和代谢活跃的松质骨放射性聚集较多，密质骨放射性聚集较少（图17-5-4）。

动态显像可见：在血流相，8～12秒大动脉和二级动脉陆续显影，随即逐渐显示软组织轮廓，骨部位放射性较少，两侧对应的动脉和部位显影时间和放射性分布对称；在血池相，软组织轮廓更清晰，由于显像剂大部分仍在血循环内，骨骼仍未见显示；在延迟相，所见同静态显像。

四、临床应用

（一）骨肿瘤

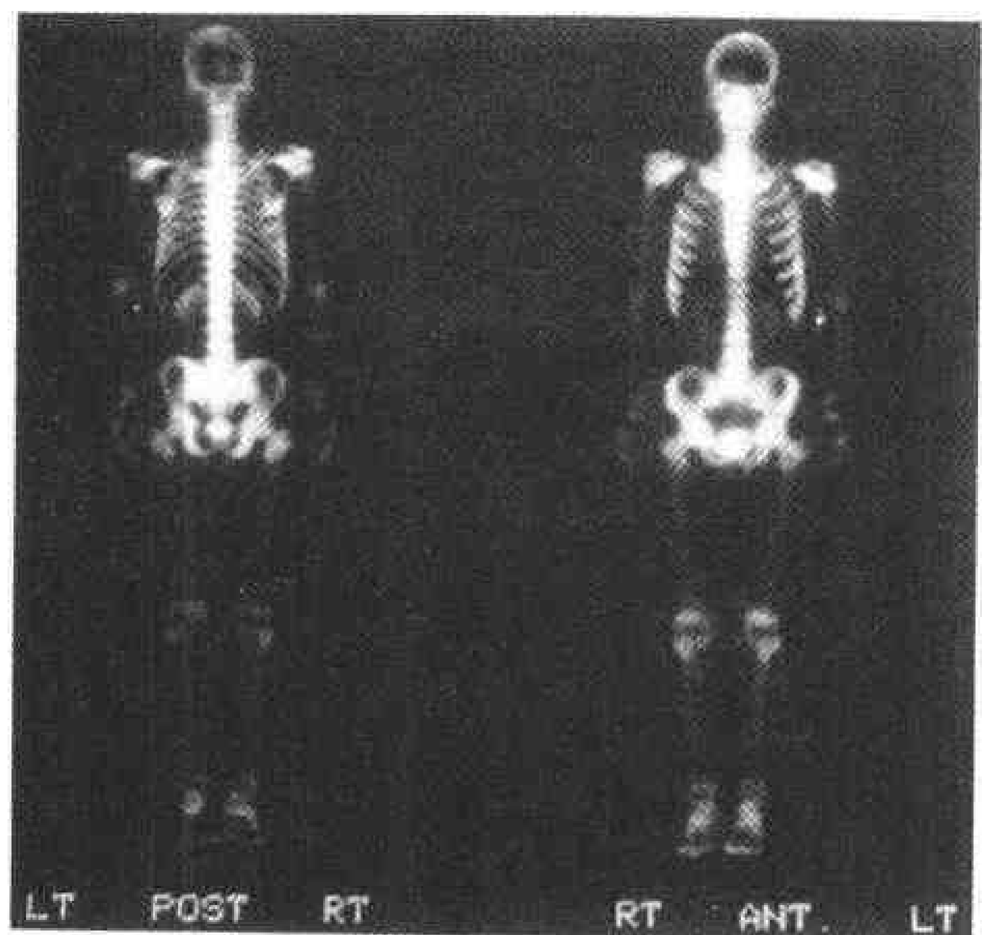


图 17-5-4 正常 $^{99m}TcO_4^-$ 全身骨显像

静脉注射 ^{99m}Tc-MDP 后 3 小时显像，全身骨骼显影，放射性分布对称，血运丰富、代谢活跃的松质骨和关节部位放射性聚集相对较多，鼻咽部和鼻窦区放射性也较高

颌面部的原发性和转移性骨肿瘤，以及口腔、颌面部的软组织肿瘤累及颌骨，在血流相可见局部血流灌注增强；在血池相，由于局部血管增生扩张，病变部位放射性亦异常增高；在延迟相由于肿瘤周围反应骨的形成，成骨细胞活跃，代谢更新增强呈现为局灶性“热”区（图 17-5-5）。但有少数退化癌和纯溶骨性骨肿瘤，骨代谢不增高，可呈“冷”区，80%系转移癌引起。当怀疑转移性骨肿瘤时，应进行全身骨显像，因其具有多发性特点，可能在全身其他骨骼部位检出病灶，对鉴别诊断、病情估计和决定治疗方案都很有价值。当临床高度怀疑颌面部骨肿瘤而平面骨显像阴性时，应进行局部断层显像。必须指出，牙的炎症、拔牙及有炎症的镶合不良等，可致上颌及下颌骨牙槽脊部位出现的放射性浓集影，应注意与肿瘤相鉴别。

面颌骨相邻软组织肿瘤不管累及骨组织与否，血流血池相均呈充血表现，但假若未累及骨组织，延迟显像应为阴性，否则为阳性，借此可予以鉴别。

（二）颞下颌关节紊乱

引起下颌关节疼痛和张口困难的原因很多，如骨折，颞颌关节炎、感染、肌痉挛及粘连等。正确的诊断无疑对临床治疗方案的制定有帮助。骨显像能敏感的诊断炎症性或退行性关节炎。正常时颅骨的侧位影像中可见中颅凹及颞骨区有少许放射性浓聚，但颞颌关节处及下颌骨升支不显影。当牙咬合错位，拔牙或镶牙后面部损伤以及夜间磨牙，经常咀嚼口香糖造成颞颌关节受损并导致关节退行性变时，骨显像可见组成关节的骨骼显影，而非关节病变所致的张口困难者，颞颌关节无放射性浓集，借此可以鉴别。X 线骨片对此诊断价值很差。



图 17-5-5 左上颌窦低分化癌伴右锁骨转移 ^{99m}Tc-MDP 骨显像

在左上颌窦和右锁骨头可见异常放射性浓集影

（三）移植骨的监测

骨移植在颌面外科已广泛应用。放射性核素骨显像对移植骨的监测主要在于：①骨移植后显示移植区的骨代谢，观察人工材料对界面骨生长的诱导作用；②采用感兴趣区（ROI）计数法定量地研究骨移植的成骨代谢；③反映移植骨的生物相容性过程，动态地反应骨代谢情况。骨显像方法优于 X 线检查，X 线检查只能反映钙化后的骨密度情况。骨显像还能对各种人工骨材料进行比较评价。

骨移植手术后能摄取 ^{99m}Tc-MDP，即可证明移植骨是存活的，并能较早地判断血管的通畅情况。失去血供的移植骨，血流相和静态像呈“冷”区；血供不良者有放射性分布，但较低；存活良好的移植骨放射性等于甚至高于正常骨。下颌骨再造术后 6～11 天，利用 SPECT 显像并计算移植骨（T）和颅骨（C）ROI 的放射性比值，能可靠地预测术后早期骨连接存活力。T/C>1.0 者，提示骨存活良好，有正常的痊愈过程，无假阳性和假阴性结果。

（四）急性骨髓炎

由于拔牙等原因，可能引发颌骨骨髓炎。急性骨髓炎的骨显像特点是三相影像均见骨区有较局限的放射性增高，24小时内病变/软组织的放射性比值随时间上升。疾病早期，由于局部压力增高、血流降低或血栓形成，可出现放射性缺损，但一般很快转为放射性增高。本病应与蜂窝组织炎相鉴别，后者血流相和血池相虽有放射性增高，但延迟相无增高，且骨/软组织比值随时间下降。骨显像不宜观察骨髓炎的疗效，因骨愈合本身亦可引起放射性增高。

第四节　放射性核素颈淋巴结显像

恶性肿瘤的区域淋巴结是否受累是肿瘤分期、治疗方案的选样和估计预后的一个重要因素。目前，临床上检查淋巴系的可靠方法不多。放射性核素颈淋巴结显像具有简单、安全，可重复和非创伤等优点，对头颈部肿瘤淋巴累及的诊断有一定临床价值。

一、原　　理

血液在毛细血管动脉端经管壁滤出形成的组织液与组织进行物质交换后，大部分在毛细血管静脉端和毛细血管后静脉被吸收，少部分进入淋巴毛细管成为淋巴，沿淋巴管向心流动，最后归人静脉。经间质注射的放射性胶体由于颗粒直径较大，很少直接吸收入血，而吸附于注射局部，同时一部分通过内皮细胞之间的接合处和（或）由于细胞饮液作用通过细胞转运入淋巴毛细管，随淋巴引流到区域性淋巴结，最后被淋巴结中的巨噬细胞所吞噬。放射性胶体在区域性淋巴结中的聚积情况，取决于淋巴结的完整性和淋巴管的通畅性。当癌肿累及淋巴结时，放射性在淋巴结中的聚积减少或消失，从而协助诊断。

二、检查方法

（一）显像剂

放射性核素淋巴显像主要是应用放射性胶体作显像剂。理想的胶体显像剂应从注射位置迅速流出，在淋巴结中摄取率高，释放于其他组织中的放射性小，因而注射部位的吸收剂量较低，本底放射性低，影像特别清晰。目前常用的显像剂有两种：①^{99m}Tc-硫胶体（$^{99m}Tc_2S_7$），由于颗粒较大，平均300nm，显像不够理想；②^{99m}Tc-硫化锑胶体（$^{99m}Tc\text{-}Sb_2S_3$），颗粒小（10～15nm）而均匀，具有9nm±2nm的窄峰，体内行为稳定，能获得高质量的淋巴影像，应用最为广泛。

（二）注射部位的选择

口腔的淋巴引流主要限于颈前三角的淋巴结和颈深淋巴链的上部。颏下、颌下、颈二腹肌和颈肩胛舌骨淋巴结是四个主要的口腔引流淋巴结。颈横淋巴链引流后三角（副深淋巴结），亦间接引流锁骨上淋巴结。所有颈部转移病变，前四个淋巴结被累及达85%～88%。因此，用放射性核素淋巴结显像评价颈淋巴结疾病和口腔癌，必须对上述淋巴结进行显像（图17-5-6）。为了清晰显示上述淋巴结，放射性示踪剂的注射部位是关键。华西医科大学附一院核医学科曾经研究不同部位注射的显像效果，如颧骨下分面颊部皮肤注射，颞部皮下注射，舌和口底注射，效果不尽人意。如舌和口底注射，由于该部位有丰富的淋巴供应和频繁运动促进淋巴流动，以致放射性示踪剂广泛的引流到同侧前、后三角，甚至引流到对侧，使全部颈淋巴网显影，造成明显重叠，故各腺体影像解释非常困难。最后选择口内颊粘膜注射获得成功，因为颊部淋巴总是同侧引流到颈前三角的主要淋巴结，故能清楚显示口腔的主要淋巴引流。

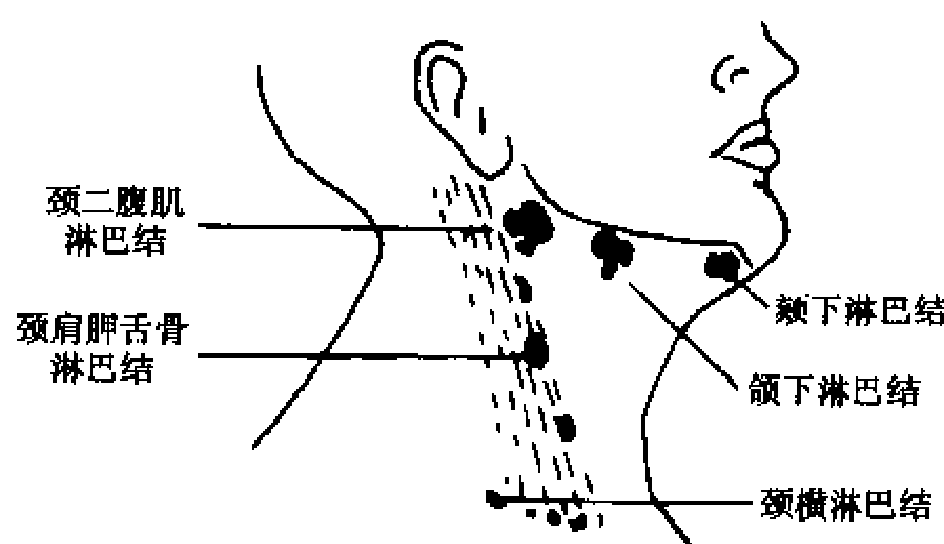


图17-5-6　主要的颈淋巴链和淋巴结示意图

（三）显像方法

在每侧咬殆平面的颊粘膜上水平取三点注射，每点相距0.5～1.0cm，每点注射18.5MBq/0.1ml，注射后立即按摩颊部，令病员漱口，给口香糖加强咀嚼1小时，以加速区域淋巴引流。若为

颊癌，则在颊周注射。1～6小时后，采用γ照相机配接低能平行孔准直器，能量选择140keV，窗宽20%，进行前位及左、右侧位显像。注射技术是检查成功的关键。第一，要确保注入组织间隙内而不要注入血液系统；第二，双侧注射的剂量、体积和深度应相同，否则可能造成假阳性和假阴性。

三、正常及异常颈淋巴结显像

（一）正常图像

双侧同时给药后，双侧淋巴链同时显像，淋巴结的分布和走行比较均匀、连贯，影像清晰，淋巴链各组淋巴结之间放射性强度基本一致。在正常图像上能看见颏下和颌下淋巴结以及颈静脉链（主要是颈二腹肌和颈肩胛舌骨肌淋巴结），偶尔可见颈横淋巴结。前位两侧淋巴结图像呈倒V字型，对称而均匀，左侧位颈淋巴结图像呈“Ɔ”型，右侧位呈“C”型（图17-5-7）。

（二）异常图像

给药后，淋巴链不显影或显影不完整，双侧淋巴链的放射性摄取量明显不对称。这类图像常提示颈淋巴结有转移性病变。

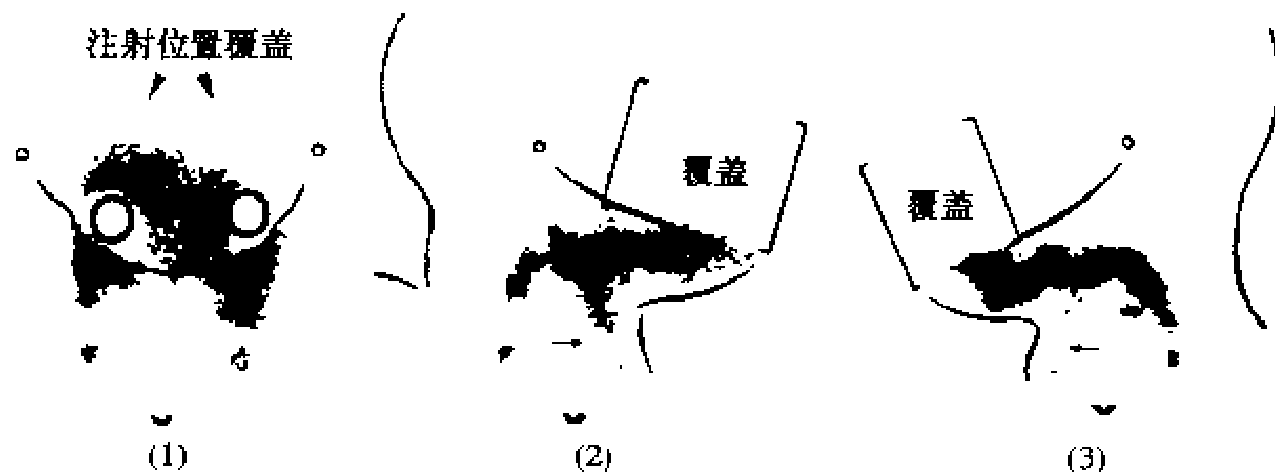


图17-5-7　正常^{99m}Tc-硫化锑胶体颈淋巴结显像
颏下、颌下以及颈淋巴链清晰显影。前位（1）呈倒V形；右侧位（2）呈C形；左侧位（3）呈Ɔ形；箭头所示为对侧颈淋巴链的重叠影像

四、临床应用评价

放射性核素颈淋巴结显像对头颈部恶性肿瘤淋巴累及的诊断有下列临床价值：①协助临床确定恶性肿瘤有无淋巴转移和转移的范围，对肿瘤的分期和治疗有参考价值；②协助制定放疗照射野及射线能量选择；③观察淋巴清扫术的效果，对患者进行追踪，提供一个较其他诊断技术更早发现疾病复发证据的方法。

据华西医科大学口腔医院资料，包括颊粘膜鳞癌、舌鳞癌、口底鳞癌、腮腺腺癌共25例，以病理检查为金标准，放射性核素颈淋巴结显像的敏感性为88.9%，特异性为86.7%，准确性为87.5%。

第五节　放射性核素肿瘤显像在口腔颌面肿瘤中的应用

放射性核素肿瘤显像（radionuclide imaging of tumor）是肿瘤早期诊断的重要手段。核医学肿瘤显像有阴性显像和阳性显像之分。阴性显像是指放射性药物被受检器官实质细胞所吸收，使该器官显影，而新生物呈放射性减低的“冷”区。阳性显像是指利用放射性核素标记的亲癌化合物，通过肿瘤自身的代谢，或利用标记抗体与肿瘤细胞上的抗原相结合，使肿瘤部位的放射性高于正常组织，病灶呈放射性增高的“热”区，从而对肿瘤进行定位、定性诊断。本节主要介绍肿瘤阳性显像在口腔颌面肿瘤中的应用，包括广谱肿瘤显像剂^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA（二巯基丁二酸钠）显像、放射免疫显像和肿瘤PET显像。

一、^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA肿瘤显像

放射性核素标记的亲癌化合物很多，有学者对周期表中55种元素以动物移植肿瘤为对象进行比较研究，发现数十种放射性亲癌化合物，但多数由于理化特性不理想，未获临床应用。目前在临床比较常用的有^{67}Ga-枸橼酸盐、^{99m}Tc-MIBI（甲氧基异丁基异腈）、^{201}TlCl、^{99m}Tc-葡庚糖、^{99m}Tc-博莱霉素和^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA等。但从目前资料来看，^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA在口腔、颌面肿瘤中应用较多，并取得较好的效果。

（一）原理

^{99m}Tc-DMSA有多种化学形式。酸性条件下制备的^{99m}Tc-DMSA，^{99m}Tc为+3价，现已被写作^{99m}Tc（Ⅲ）-DMSA，是肾皮质显像剂；碱性条件下制备者，^{99m}Tc为+5价，即^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA，为一种新型的肿瘤显像剂。

^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA是一个单核化合物，具有由两个DMSA配体提供的4个巯基与一个锝酸根共价结合的正方形四锥体结构，分子式为〔^{99m}TcO(DMSA)$_2$〕$^-$形式，有三种几何异构体。被肿瘤细胞浓聚的机制尚不清楚。有学者认为，〔^{99m}TcO(DMSA)$_2$〕$^-$在血浆内可稳定存在，到达肿瘤细胞后发生水解反应，产生磷酸根（PO_4^{3-}）样的锝酸根（TcO_4^{3-}）参与细胞磷酸代谢，能被代谢活跃的细胞所摄取，软组织肿瘤摄取^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA的量增加。据测定，静注^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA后1小时，肿瘤/血液比值和肿瘤/肌肉比值分别为2.45和5.10。

（二）检查方法

病人无需准备，静脉注入^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA 370～555MBq（10-15mCi）后2小时作头颈部正侧位静态显像，必要时断层采集；如有阳性摄取，应加做全身前、后位显像，以检测可能存在于头颈部以外的病变；如有可疑，24小时后局部复查。

（三）正常及异常图像

1. 正常图像　在头颈部，颅壳清晰，脑实质无放射性分布，可有泪腺摄取，鼻咽部放射性最强，部分病员因慢性炎症颌下腺及牙床骨有灶性增强，颈双侧大血管影随时间逐渐变淡，腮腺和甲状腺无放射性摄取。在全身其余部位，心脏、大血管影最初较强，以后变淡，骨骼影可辨，肝、脾有放射性分布，胃无摄取，由于经肾排泄，故肾、膀胱放射性最高。

2. 异常图像　肿块或全身其他部位放射性分布高于邻近或对侧相应区域者，被认为显像阳性（图17-5-8）。

（四）临床应用评价

^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA在口腔、颌面部肿瘤中应用的临床价值主要是：定位恶性及某些良性软组织肿瘤；辅助定性软组织肿瘤（因绝大多数良性肿瘤无摄取）；了解恶性软组织肿瘤复发、转移和骨骼浸润情况；判断恶性软组织肿瘤放、化疗疗效。

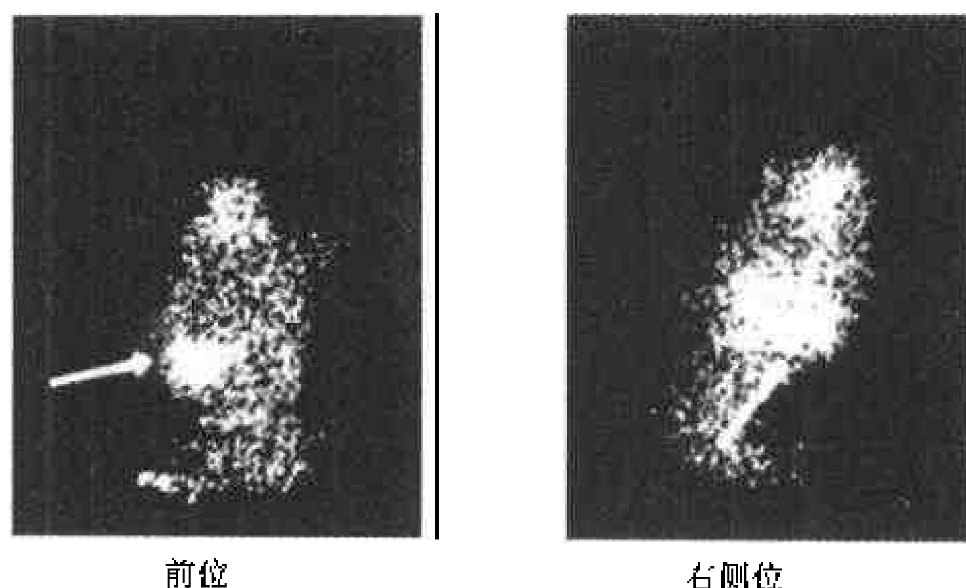


图17-5-8　右牙龈粘膜鳞癌^{99m}TC-（Ⅴ）-DMSA显像
病变部位可见异常放射性浓聚影

华西医科大学附一院核医学科对26例包括骨、鼻窦、舌咽部、颊部、腭部等头颈部肿瘤患者进行^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA显像，其敏感性、特异性和准确性分别为75%、86%和81%，较目前国外应用较为广泛的亲肿瘤显像剂^{67}Ga-枸橼酸为优。^{99m}Tc（Ⅴ）-DMSA在炎症病灶中不摄取，因此，有助于炎症和肿瘤的鉴别诊断。研究发现，位于舌部、口底和咽喉部的肿瘤，由于这些部位病变较深，血本底较高，使肿瘤与周围组织的对比度降低，易出现假阴性。对上颌窦和下颌骨的肿瘤，诊断的敏感性很高。

二、肿瘤放射免疫显像

肿瘤放射免疫显像是以放射性核素标记肿瘤的抗体作为阳性显像剂的一种肿瘤探测技术。其原理是标记单抗经一定途径引入人体后可定向地与肿瘤细胞的相应抗原结合，经一段时间后，肿瘤部位放射性聚集一定浓度，用γ照相机或SPECT进行平面或断层显像，即可显示肿瘤及其转移灶的大小、性质、部位和范围。抗原抗体反应的高度特异性和放射性核素示踪的高度敏感性相结合，既能定位，又能直接定性，既能显示局部原发灶，又能探测全身转移灶，能够发现其他诊断技术难以明确的隐匿病变，是肿瘤诊断技术的重要发展。

然而，要开展放射免疫显像，必须获得肿瘤特异抗原，制备特异抗体，并以放射性核素标记抗体。此外还要解决临床实际应用中的许多问题，例如肿瘤处标记抗体聚集量少、血中标记抗体清除慢、血液本底高、以致肿瘤靶/非靶比值较低，肿瘤抗原表达的异质性，标记抗体在体内、瘤内降解以及鼠源抗体的免疫原性等等，都影响着放射免疫

显像的实际应用。目前，国内外放射免疫显像进入临床研究虽然已涉及60多种抗体，20多种肿瘤，但基本仍处于临床前实验阶段。但是，近年来学者们针对以上问题作了很多有意义的探索，取得了重要进展。可以预料，随着放射免疫显像在临床的广泛应用，必将把口腔颌面肿瘤的早期诊断提高到新的水平。

三、PET肿瘤显像

利用发射正电子的核素^{11}C、^{13}N、^{15}O和^{18}F标记葡萄糖、脂肪酸、氨基酸、核苷等类似物，以及标记各类受体的特异性配基和特异性抗体，能够灵敏而准确地定量分析肿瘤的异常代谢、蛋白质合成、DNA复制、肿瘤增殖及受体分布状况，为肿瘤的早期诊断提供依据。

PET肿瘤显像目前最常使用的显像剂是^{18}F标记的2-脱氧葡萄糖（^{18}FDG）。因肿瘤细胞在有氧环境中存在异常旺盛的无氧葡萄糖酵解现象，肿瘤病灶与周围正常组织相比，其葡萄糖利用率明显增高，^{18}FDG是葡萄糖的类似物，二者有相似的细胞转运能力，故利用^{18}FDG可检测肿瘤的异常葡萄糖代谢。当肿瘤细胞摄取^{18}FDG，经细胞内己糖激酶的作用转变为6-磷酸-^{18}FDG后，不参与葡萄糖的进一步代谢而滞留在细胞内，通过PET动态和静态显像，能定量测定肿瘤组织对^{18}FDG的摄取速度和摄取量，准确判断肿瘤葡萄糖代谢的异常程度及变化，为诊断提供依据。

除^{18}FDG外，^{11}C-蛋氨酸、^{13}N-谷氨酸、^{18}F-5-氟尿嘧啶、^{11}C-胸腺嘧啶等也都可用作肿瘤检测的示踪剂，因肿瘤组织的蛋白质合成和核酸合成均增加。

PET在肿瘤学中的应用，可归纳为以下几个方面：异常肿块的良恶性鉴别及恶性程度的判断；肿瘤的临床分期及预后评价；监测放、化疗效果；鉴别肿瘤治疗后残存组织的性质（即局部病灶已坏死或仍有存活的肿瘤）；肿瘤复发的早期诊断及复发或转移灶定位；诊断肿瘤转移及组织活检部位的选择。

PET肿瘤显像已经在头、颈部肿瘤中获得应用，因其在分子水平上揭示肿瘤的病理生化变化，具有高度的灵敏性和准确性，日益受到重视，是肿瘤诊断及机制研究极具有价值的先进工具。但由于PET显像价格昂贵，目前尚待普及。

（管昌田）

第六章　超声诊断

超声检查（ultrasonography）是将超声波发射到人体内，利用超声波良好的方向性，遇界面引起反射、折射和散射，在组织中被吸收和衰减等物理特性，检测人体各组织器官在不同生理和病理状态下其声学反射特征。这些反射特征以影像形式显示出来，并结合其生理、解剖和病理等知识对疾病进行诊断。

超声诊断是一项非侵人性诊断技术，是医学影像诊断的重要组成部分。在人体许多疾病的诊断中，它与X线诊断、CT、MRI、核素显像诊断互为补充。

第一节　超声诊断原理

一、超声波的物理特性

1. 超声波的概念　超声系指其频率大于20000Hz超过人耳听阈的声波。超声来源于探头(probe)，探头是由压电晶片制成。根据逆压电效应原理，晶体片在高频交变电场作用下，可随交变电场的变化沿一定方向不断发生压缩和拉伸而振动起来。当交变电场的频率超过2万赫兹，即可产生超声波。同时晶体片又具有直接压电效应，能接收回声信号将反射回来的声能转变为电信号，经仪器处理后即以不同形式显示在示波屏上，即成为超声回波图。用于医学诊断的超声频率一般为1～10MHz，其中最常见的是2～5MHz。超声波是一种机械振动，必须在介质中传播，不能在真空中传播。它与其他波动一样具有频率、周期、波长、传播速度、振幅及强度等物理量。其中波长（λ）、声速（c）和频率（f）尤为重要，三者关系为$\lambda = c/f$。

2. 超声波的方向性　超声波的方向性与声源（探头）晶片的直径和振动频率有关，决定于声源直径与波长的比值。只有当声源直径大于波长时，发出的超声波才近似于平面波，才具有向一定方向传播的特性。对于一定直径的声源来说，其频率愈高成束性愈好，方向性也愈强。因为只有具有良好方向性的声波才能准确对人体内某一脏器病变进行探查。在声源近端处其声束以相同直径发出的称为近场（near field)，超过声束最窄部分以后，其声束开始分散形成一个圆锥体，称为远场（far field)。

3. 反射、折射和散射　当超声波在均匀无声学界面的介质（如液体）中传播时不引起反射。当介质的声阻抗差发生变化，其界面的声阻抗差只要超过0.1%时，入射超声即可引起反射。其反射的强弱决定于界面声阻抗差的大小和入射超声的强弱；其界面声阻抗差和入射超声声强愈大，其反射回声则愈强。入射超声从界面反射的方向遵循Snell反射法则，与入射角度有关。当入射超声垂直于界面，且界面大于声束直径时，入射角等于零，则产生镜面反射。当入射超声越小于声束直径界面时，或界面表面不光滑时，则不依Snell法则进行反射；而只产生非镜面反射或散射，其回声强度与入射角无关。其回声信号也不易被探头所接受。因为人体软组织间的声速甚为接近，其折射率甚小，所以折射在超声诊断中的影响很小。

4. 吸收和衰减特性　超声波在介质中传播时其声振幅和声强会逐渐减少称为声衰减，单位为分贝（decibel，DB)。超声能量的衰减与传播距离的平方成反比，与介质的衰减系数和超声的频率成正比。在同种介质中，频率不同的超声波被吸收衰减的程度亦不同。频率愈高其吸收衰减愈大。软组织的声衰减＝频率（Hz）×传播距离（cm)。介质不同其声衰减系数亦不同。此外，衰减的程度还与介质的吸收（包括介质的摩擦阻力、粘滞性、导热性和温度)、介质粒子的散射和反射界面的多少等因素有关。因此，超声通过均匀介质时，其能量主要由吸收和散射衰减。通过非均匀介质时，其声能主要由反射和折射衰减。

5. 分辨力与穿透力　分辨力（resolution）是指超声能区别并显示出最短两界面距离的能力。在声束轴线上能区别的两个最短距离界面的能力称为

纵向分辨力。纵向分辨力与声束脉冲的宽度有关。声束脉冲宽度愈小，其纵向分辨力越好。可通过提高其超声频率来实现。能区别出垂直声束轴线的两个最短距离界面的能力称为横向分辨力，其与声束的粗细有关，可通过对声束的聚焦来提高其横向分辨力。

理想的超声仪器要求应是穿透力强，分辨率高。为满足既有适当的分辨力又有足够的穿透深度的前提，目前医用超声诊断仪可用的探头频率范围为1～10MHz。低频探头用于探查需要穿透深（肥胖者）或衰减系数大的组织和器官。较高频率(5～10MHz)探头则用于表浅部位（如眼、唾液腺、颌面肿块、甲状腺及乳腺）肿块的探查。

二、B型超声诊断仪设备类型

B型超声系指辉度调制型超声。"B"字来自brightness一词第一字母，意为光亮的意思。它是将人体内界面强弱不同的反射回声信号显示为强弱不同的光点回声。由这些强弱不同的光点构成人体内脏器官和组织结构的二维切面回声图，亦称为声像图（songram or echotomogram）。最初的B型超声图仅具有黑白两种层次，缺乏中间层次，其分辨力差。由于超声及电子技术的飞跃发展，目前的超声诊断仪已发展到具有256级片样灰阶等级图像。所以这种图像又称为灰阶超声断层图（grag scale ultrasonic tomogram）。灰阶超声的出现大大改善了超声图像质量。同时也进一步提高了超声诊断的准确性，拓展了超声诊断的范围。

灰阶超声又根据其成像方法的不同分为静态成像（static imaging）和动态或实时成像（realtime imaging）两大类。前者是采用手动或机械驱动探头扫描成像，每幅图成像时间约需数秒至数十秒，所成图像为一静态图像，图像质量与操作者手法密切相关。与实时图像相比，其优点是图像显示范围大，对病变及其毗邻关系判断准确。后者是采用电子扫描或快速机械摆动（或旋转）探头扫查。其成像速度快，约20～30帧图/秒。所以其图像是实时的，更优于观察心脏、大血管及胎儿的活动状况。随着近代高分辨灰阶实时超声仪的出现，其实时声像图更趋完美；加之它使用方便操作简单，目前已基本取代静态超声成像。

三、灰阶超声诊断原理

人体组织和器官是一个复杂的超声传播介质。由于人体不同器官和组织在正常生理状态下有其各自不同的对超声反射、吸收和衰减规律；因此其声像图亦具有各自不同的特点。在病理状态下（如内脏器官长了肿块、结石、或出现了坏死和液化等病变），其内脏组织结构必然发生形态、大小和回声的异常。将这类异常的声像图结合其解剖、病理以及临床表现进行分析研究，从而作出疾病的诊断。

我们根据人体组织、器官和病变内部结构的差异及其声阻抗差的大小，试将人体组织、器官和病变大致分为五种不同的声学反射类型。

1. 无反射型　所有液性器官及液性病变（如胆囊内的胆汁、膀胱内的尿液、血管内的血液、孕妇宫腔内的羊水、各类囊肿内的囊液、以及胸水及腹水等），因其为均匀介质，内无声学界面，超声透过时无反射回声呈均匀暗区。因其声能较周围组织衰减，故在其暗区后份显示为回声增强的亮带，称为透声区。

2. 少反射型　在较均质的实性肿块中（如长大的淋巴结、恶性淋巴瘤等），超声波透过时反射较少，且强度较低，降低增益检查时这类病变呈弱回声暗区。适当加大增益在相应暗区内有细小光点回声。

3. 中等反射型　人体大多数实质性组织器官（如肝脏、胰腺、肾脏、脾脏、唾液腺等）以及这些器官内的大多数实性肿块；因其内在组织结构含有大量具有较大声阻差界面；其声像图表现为具有清楚境界及中等强度回声图。

4. 强反射型　人体内的骨骼、胆道系统、泌尿系统以及涎腺管内的结石，以及组织和器官内的钙化病灶等。因其与软组织间声阻抗差特别大，均显示为强反射型。由于大量声能在这类器官或病变表面的反射和吸收，其后份则由于声能的大量衰减显示为无回声或弱回声暗带，这被称为声影（acoustic shadow）。

5. 全反射型　在软组织与含气组织（如肺、肠腔内之气体）交界处，其声阻抗差近3000多倍，反射系数约99.9%，超声几乎全部在这类界面被反射不能透入第二介质，此称为全反射型。

四、口腔颌面表浅小器官超声诊断特点及临床运用

1. 探头选择 颌面部器官因其具有小而表浅这一解剖特点，对超声波的穿透力要求不高。所有我们应尽量选用分辨力高的高频率探头。一般以5~7.5兆赫探头为宜。对于颌面部较大的软组织肿块最好选用5兆赫探头检查。发达国家现有应用特制专用口内探头，体积小，分辨力好，适用于舌、口底、颊部、腭部、牙龈及唇部病变的检查。

2. 小水囊的运用 由于从人体内反射回探头表面的声能，部分可在探头表面引起多次往复反射。在声像图中则表现为近场皮肤下强回声带状伪影。这种伪影往往会干扰皮下病变的显示。我们采用小水囊作为声窗进行扫查可使这层伪影呈现在小水囊构成的暗区内，从而使皮下病变显示清楚。由于近代超声仪器的不断更新和发展，一些先进的高频超声探头表面直接有一类似水囊的装置，更方便我们超声工作者直接用于这类病变的检查。

3. 超声在涎腺疾病及颌面部其他软组织肿块诊断中的运用 腮腺和颌下腺是颌面部最大亦最表浅的两种腺体，它与颌面部其他表浅软组织肿块一样是超声最容易显示的部位。因此高分辨灰阶超声应是涎腺及这类表浅软组织肿块首选的影像诊断方法。它能区别肿大的腺体是炎症或是肿瘤。亦能准确判断肿瘤是实性或囊性。对于实性肿瘤还能根据其回声特点，边界浸润与否等声学特点推断其肿瘤的良恶性。超声的彩色多普勒血流显像技术（color doppler flow imaging 简称 CDFI）可判断肿瘤的供血丰富与否，从而亦可推断肿瘤良恶性。

第二节 涎腺疾病的超声诊断

一、涎腺的超声显像解剖

（一）腮腺

腮腺属浆液腺，质地较软，重约15~30g，位于面部两侧颧弓之下，外耳道前下方，下颌支与胸锁乳突肌间的腮腺间隙内。腺体呈不规则的楔形。解剖学上腮腺并未分叶，但为了颌面外科手术的方便以面神经为界将腮腺分为浅、深两叶。浅叶较表浅广阔而平坦是腮腺的最大部分，约占腺体的80%；上达颧弓，后至胸锁乳突肌上前缘，是超声容易显示的部分。深叶最小，约占腺体的20%部分伸入下颌角后下方，这部分在超声检查时易被下颌骨所遮盖。但可利用其浅叶作为声窗改变扫查角度而显示其深叶部分。

（二）颌下腺

颌下腺是涎腺中第二大腺体，其大小约为腮腺的一半，呈扁圆形，重约7~15g，属混合腺，位于下颌骨体部内后份之颌下腺窝内。超声声束从颌下向外上较易于显示颌下腺。

二、涎腺的超声显像技术

（一）检查前准备

检查前患者无须作特殊准备。检查者应事先准备一个不含气的塑料小水囊和一个小枕头备用。

（二）体位

腮腺检查时患者首先平仰卧位，当检查患侧腮腺时头偏向健侧。

颌下腺检查时患者仰卧，肩部置一枕头至颈肩高位，并让患者头部尽量向后伸，充分显露颌下部分。

（三）方法

1. 探头选用 一般选用5MHz及7.5MHz高频探头，若有自带水囊5MHz探头更佳。对于较大涎腺肿块在无5MHz高频情况下，亦可选用3.5MHz探头扫查。

2. 扫查方法 对于较大的涎腺肿块可直接接触扫查。于腺体皮肤表面涂以耦合剂，用探头直接接触；以纵、横及斜多方位、多层面、多角度对腺体及其病变进行扫查。将腺体及其周围解剖结构显示清楚。对于较小的涎腺肿块的显示需使用小水囊或使用带水囊之高频探头扫查。于小水囊的前后均匀涂以耦合剂并置小水囊于腺体上。探头经小水囊从多方位多层面对腺体及其肿块进行扫查。

三、正常涎腺的声像图表现

（一）腮腺

正常腮腺在纵断面或横断面声像图中均显示为不规则楔形（图17-6-1）。其浅（叶）部分较宽阔平坦，其深（叶）部分较窄。正常腮腺边界清楚可见，但腮腺包膜在声像图上则难以显示。腮腺实质

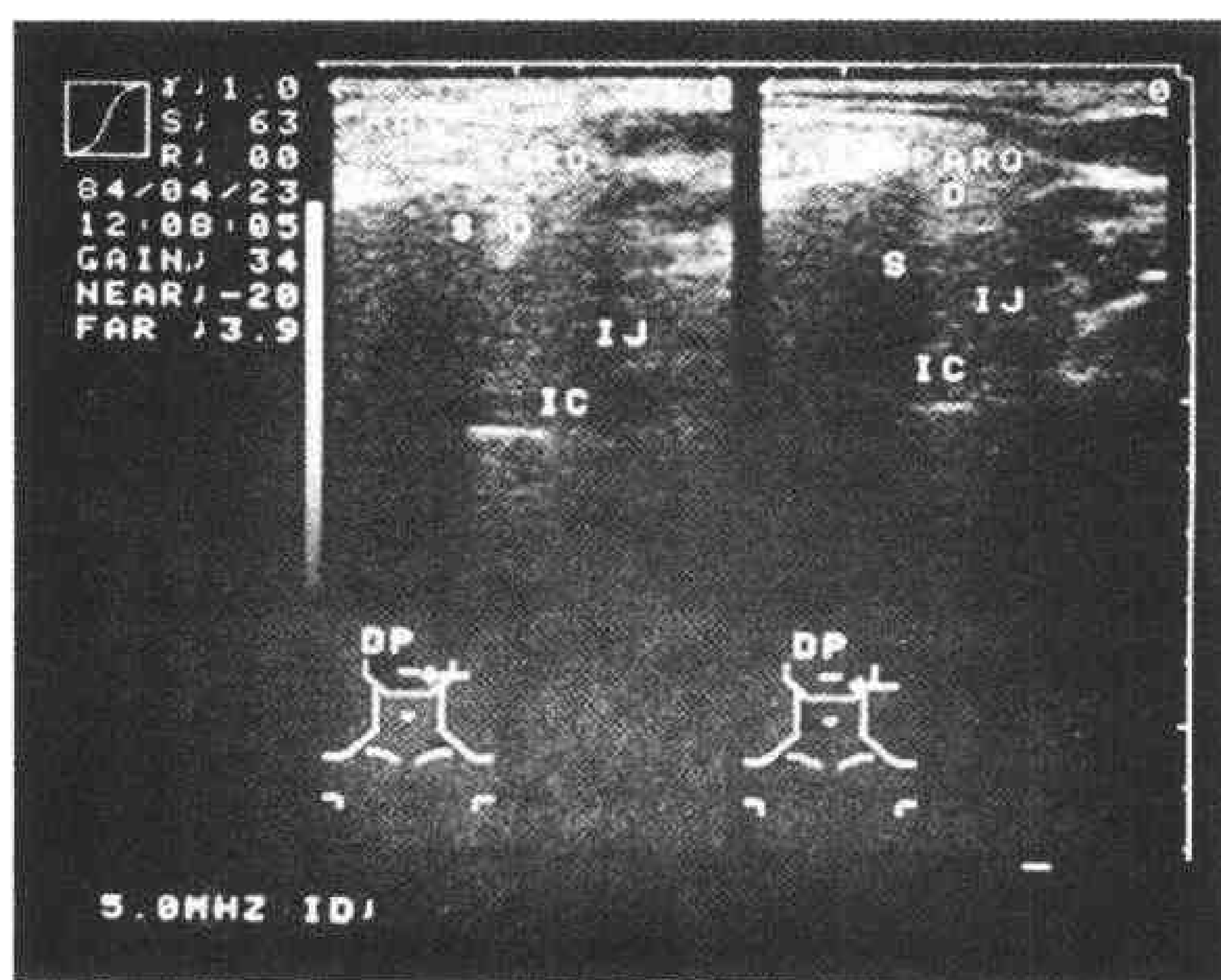


图 17-6-1　正常左侧腮腺声像图
PARO. 正常左腮腺外侧部；D. 腮腺深部；S. 下颌角声影

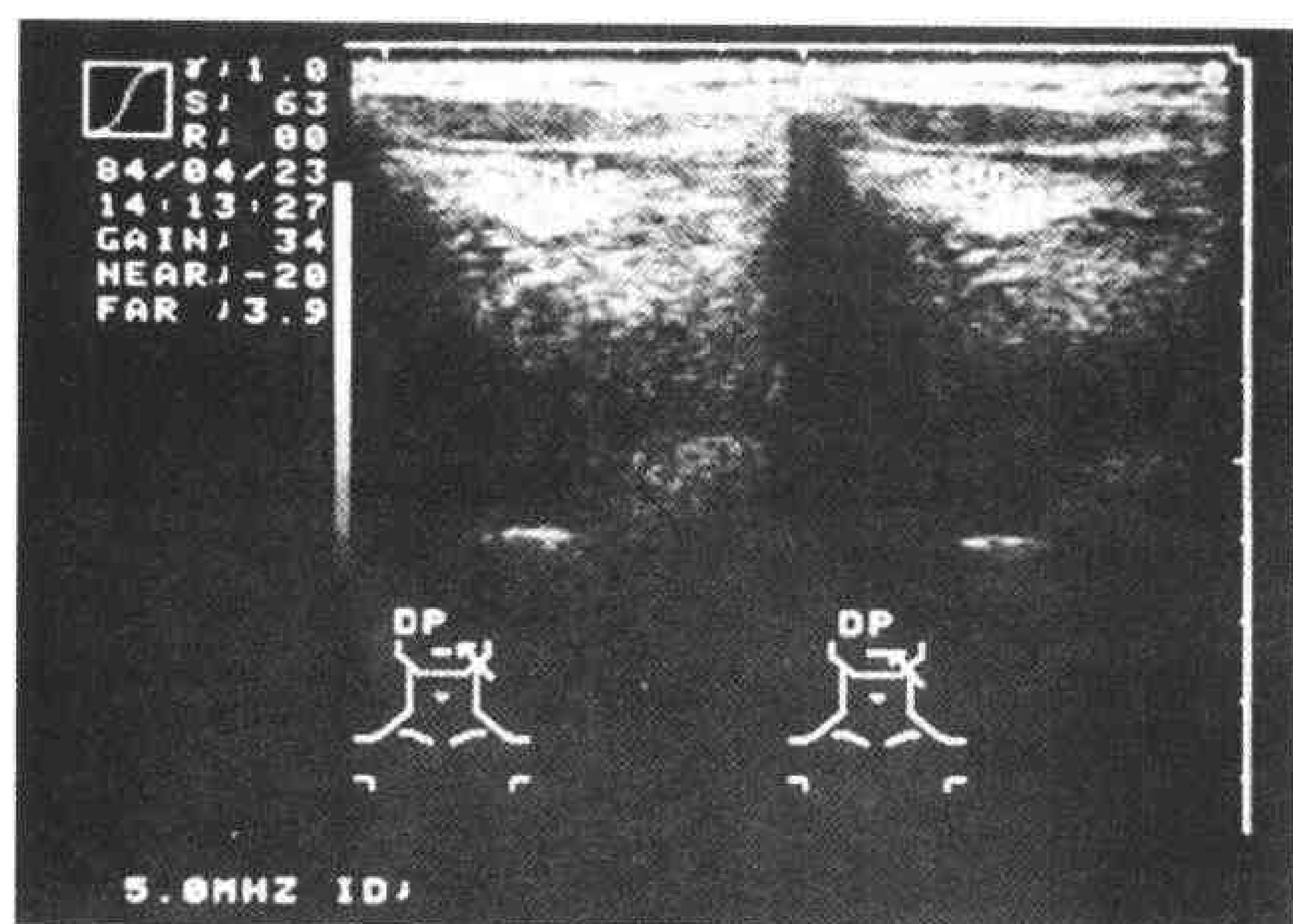


图 17-6-2　正常左侧颌下腺声像图
SMG. 左侧颌下腺断面图

呈弥漫性均匀点状中低水平回声；其回声强度与胰腺实质回声相近。腮腺导管在正常情况下超声不易显示。

（二）颌下腺

正常颌下腺其纵断面声像图呈扁椭圆形。其边界清楚可见，其腺体实质回声亦呈均匀细弱光点，其回声强度略低于腮腺（图 17-6-2）。

四、涎腺炎的超声诊断

涎腺炎主要发生于腮腺及颌下腺，其他腺体少见。炎症可局限于涎腺导管，亦可累及整个腺体。涎腺炎主要为细菌或病毒感染，变态反应性涎腺炎少见。被感染腺体肿大、疼痛明显。

（一）急性涎腺炎

多见于腮腺，且常见于一侧腮腺。全身抵抗力下降致使口腔内致病菌经导管逆行至腮腺而感染，或任何原因引起之导管梗阻而引发急性炎症。

【声像图表现】 腮腺腺体明显肿大，探头触压疼痛明显。肿大腺体回声减低，但回声欠均匀且显粗糙，有时可见扩张的腮腺导管。其扩张的腮腺导管内可有细弱光点回声（图 17-6-3）。偶尔可在扩张的导管内见强回声伴声影之涎腺管内结石。

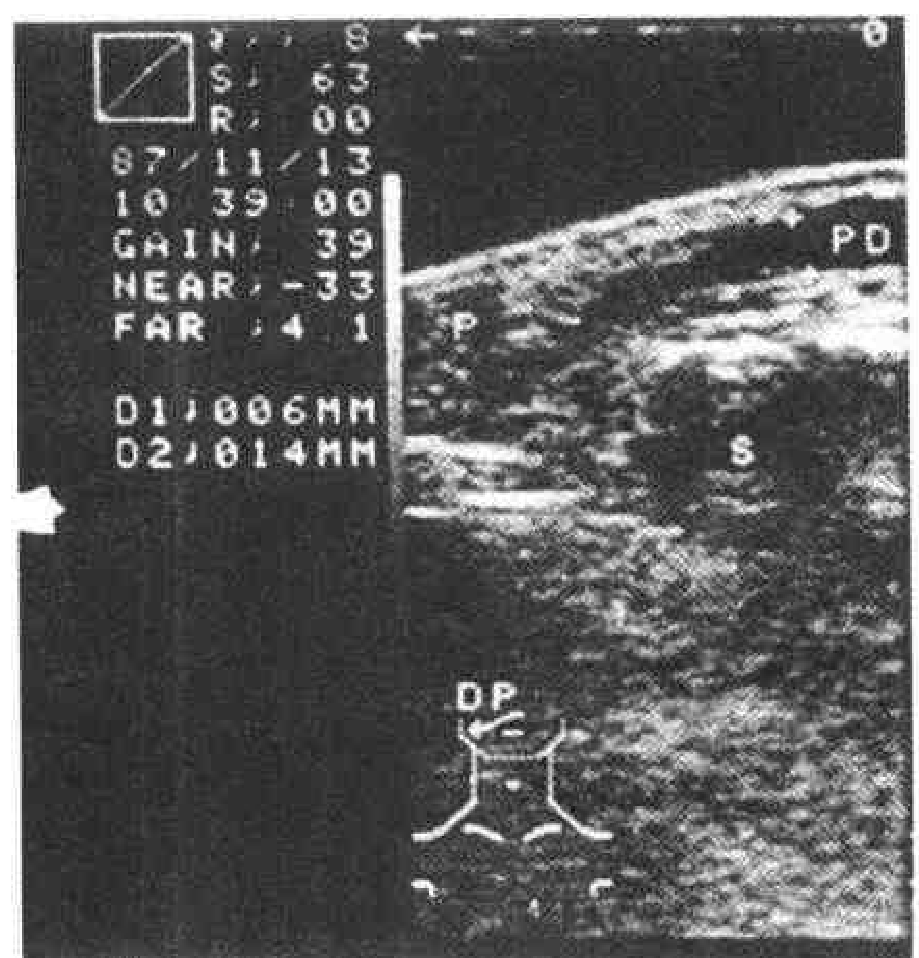


图 17-6-3 急性右侧腮腺炎伴右侧腮腺导管扩张
P. 炎性腮腺；PD. 扩张的右侧腮腺导管

（二）慢性涎腺炎

慢性涎腺炎多见于腮腺和颌下腺。其病因可由急性炎症迁延而来，亦可因口腔压力增高而逆行感染，或因涎腺导管慢性阻塞所致。

【声像图表现】 腺体一般正常大小，或略有长大，腺体回声明显粗糙且回声增强。有时可见不规则扩张的涎腺导管。若合并结石者有时可在扩张的导管中或腺体内见强回声结石影伴有声影。

五、涎石病的超声诊断

涎石病好发于青壮年男性。以颌下腺最多见，其次为腮腺。结石可发生在腺体内，亦可在涎腺导管中。结石大小一般为数毫米直径，偶有最大者其直径亦难超过 2 厘米。如无涎腺导管梗阻，一般无临床症状。

【声像图表现】 声像图中见涎腺体内或涎腺导管内有圆形或卵圆形强回声结节伴有声影。其结节边界清楚，但欠光滑。若为涎腺管内结石引起导管梗阻者，则可见扩张的涎腺导管及其管内之结石影伴有声影。

六、涎腺肿瘤的超声诊断

涎腺肿瘤为口腔颌面部肿瘤的常见病。而在不同解剖部位中，腮腺肿瘤的发生率最高，约占 80%以上，颌下腺次之约占 5%～10%。舌下腺肿瘤罕见。不同组织类型的肿瘤在涎腺中发生的相对比例也不一样。例如腺淋巴瘤、嗜酸性细胞腺瘤、腺泡细胞癌等绝大多数发生在腮腺。而良恶性涎腺肿瘤的发生比例也因腺体不同而有很大差异。据国内上海第二医科大学附属第九医院病理科统计，腮腺及颌下腺的良性肿瘤约占 70%，而恶性肿瘤仅占 30%。舌下腺则相反，良性肿瘤仅占 30%，而恶性肿瘤却占 70%。就发病年龄分析，良性肿瘤多见于年轻病员，而恶性肿瘤多见于中老年人。在肿瘤的发病上，性别多无差异。

（一）多形性腺瘤

多形性腺瘤又名涎腺“混合瘤”，是涎腺肿瘤中最常见的一种。此肿瘤含有肿瘤性上皮组织与粘液样组织或软骨组织，因而其组织学图像具有多形性或混合性而得名。该肿瘤女性多发，其高峰发病年龄是 50～60 岁。腮腺是其好发部位，约占 85%左右；其次是颌下腺约占 8%左右。临床上早期表现为无痛性肿块，其生长缓慢，可位于腺体内或其表面。其大小差异很大，小者可蚕豆大小，大者直径可达 20cm。

【声像图表现】 典型的混合瘤一般形态为球形或卵圆形，或者略呈分叶状。其边界一般清楚，光滑似有包膜回声。肿块实质回声略低于正常腮腺组织，但显示其内部回声欠均匀。在其稍弱回声的肿瘤组织中夹杂有不规则斑点状及分隔样稍强回声。若肿瘤有囊性变者则可见其囊样无回声暗区伴声影（图 17-6-4）。

【鉴别诊断】 从声像图上混合瘤应主要注意与腮腺的分化较好的乳突状腺癌区别。一般乳突状腺癌的回声水平较混合瘤略低，其边界亦不如混合瘤光滑清楚。有时可见部分乳突状腺癌的边界呈锯齿状不规则浸润样表现。

（二）腺淋巴瘤

腺淋巴瘤又名淋巴乳突状囊腺瘤，该类肿瘤几

乎全见于腮腺，极少在颌下腺见到。可发生在双侧腮腺，亦可单发，男性发病多于女性。发病年龄多在40～70岁之间。肿瘤通常不大，其直径一般在3～4cm左右；生长缓慢，一般无临床症状。肿瘤形态呈圆形或卵圆形，或略呈分叶状；偶可见不完整较薄的包膜。肿瘤质软，剖面一般为灰白色干酪样均质物。部分肿瘤内可有囊样变。

【声像图表现】　腺淋巴瘤位置表浅，常见于腮腺的下份。肿块一般呈圆形或卵圆形，或者略呈分叶状，其边界清楚可见。肿块呈弱回声，其内分布有细弱光点回声，偶见少数肿块内有散在稍强光点或细线样分隔回声（图17-6-5）。

【鉴别诊断】　从声像图中腺淋巴瘤主要应与回声呈弱回声的其他腮腺区肿块鉴别；如腮腺淋巴结核，腮腺区的腮裂囊肿，低分化的腮腺癌以及腮腺区长大的淋巴结鉴别。

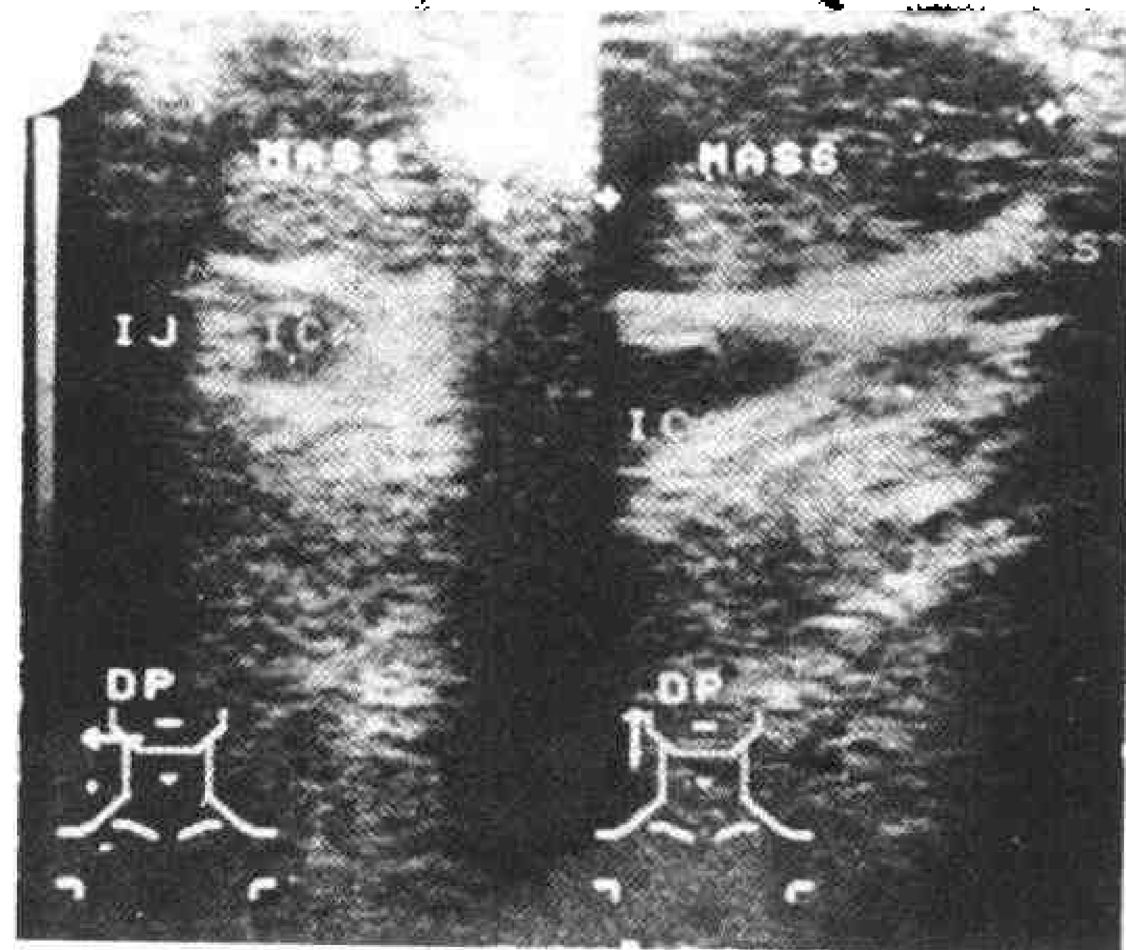


图17-6-4　腮腺多形性腺瘤声像图
MASS. 代表多形性腺瘤；S. 下颌骨声影

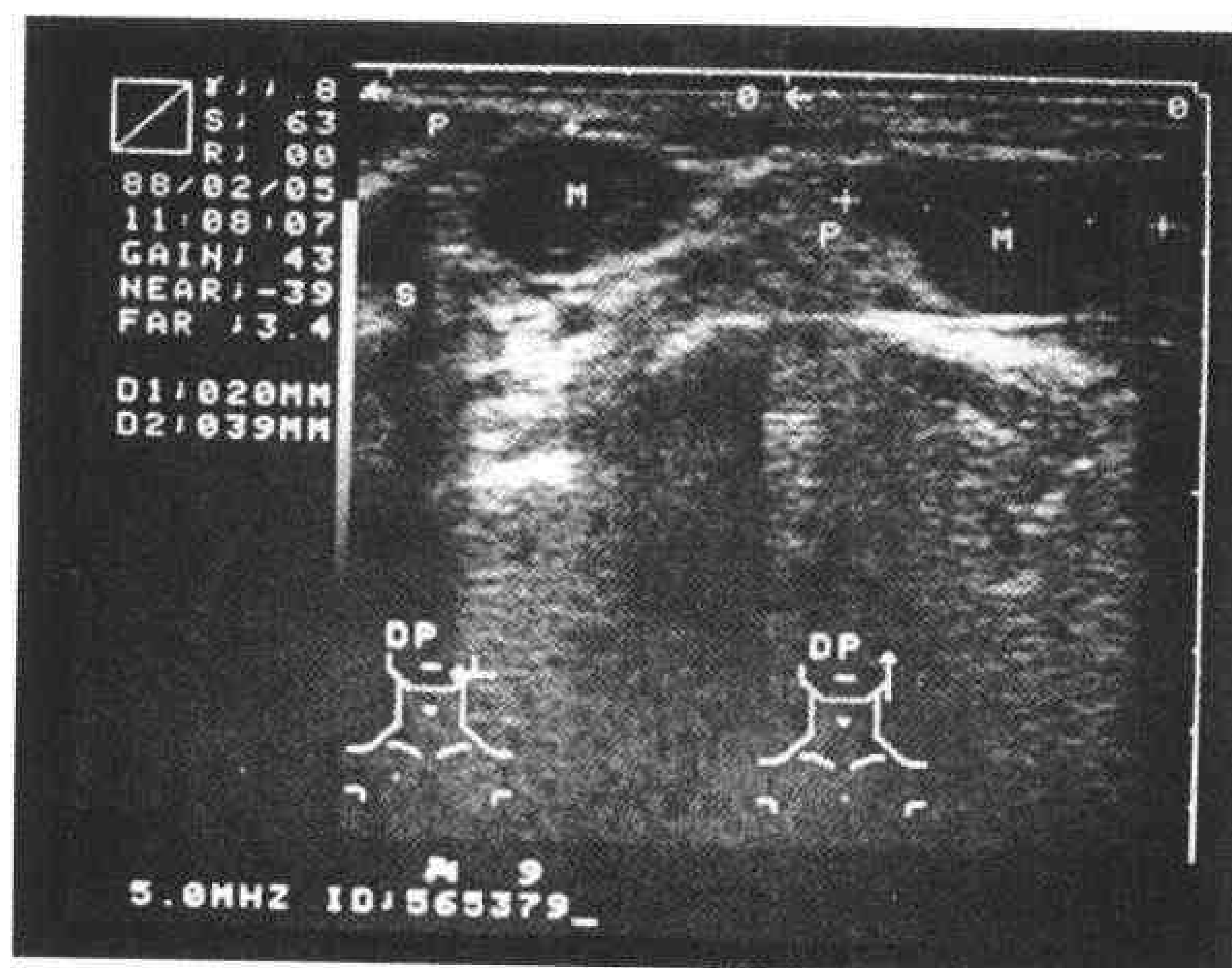


图17-6-5　左腮腺淋巴瘤
P. 示正常腮腺；M. 示淋巴瘤；S. 示下颌骨声影

腮腺的淋巴结核其形态不如腺淋巴瘤规则，其边界亦不如腺淋巴瘤清楚。且大多数淋巴结核的边界均显模糊不清晰。且其弱回声肿块内一般无分隔回声。当然有时仅从声像图中鉴别淋巴结核和腺淋巴瘤有困难时我们应参考临床病史或其他影像诊断方法。核素^{99m}锝的浓度扫描助诊更有价值。腺淋巴瘤中^{99m}锝的浓度较集中，而淋巴结核则一般无核素^{99m}锝分布。

位于腮腺区的鳃裂囊肿一般均表现为无回声暗区或其暗区内有细弱光点回声。且一般鳃裂囊肿有较厚的囊壁回声，且加压探查肿块易变形。因此从声像图中不难与腺淋巴瘤区别。

低分化腺癌虽从声像图中亦呈明显弱回声，其边界极不规则，乃呈细锯齿状浸润样改变，肿块内部回声亦欠均匀。

腮腺区长大的淋巴结虽从声像图中与较小的腺淋巴瘤难以区别，但从临床体征及病史上鉴别一般并无困难。前者通常有面颈部或口腔感染病灶，肿块有压痛。而后者为生长缓慢的无痛性肿块。

（三）恶性多形性腺瘤

恶性多形性腺瘤亦称恶性混合瘤，该肿瘤是来自多形性腺瘤的恶性或是属于原发的恶性肿瘤，目前病理学家们的意见尚未统一。因而有人认为此肿瘤在病理分类学上应单独列为一类，称恶性多形性腺瘤。该肿瘤多见于腮腺，其次是颌下腺，小涎腺少见。该肿瘤发病多见于女性，发病年龄较良性多形性腺瘤晚10～20岁。临床表现为肿块生长迅速、疼痛，且往往有面神经瘫痪。此肿瘤与一般腺癌的生物学特性相似，容易复发，可发生远处器官转移；因而应注意从声像图上鉴别诊断。

【声像图表现】 恶性多形性腺瘤与良性多形性腺瘤在声像图上有许多相似之处。其形态一般为圆形或卵圆形，且可有明显的分叶状表现。不同的是前者肿块的边界或大部分边界欠清楚，呈不规则的细锯齿状改变或浸润性改变。整个肿块实质回声水平亦较良性多形性腺瘤低且回声不均匀，其中可见散在小而不规则的斑片状弱回声区（图17-6-6）。

【鉴别诊断】 从声像图中恶性多形性腺瘤应主要与良性多形性腺瘤区别。应认真从声像图中观察和分析其肿块的边界以及其内部回声状况。一般良性多形性腺瘤的边界是光滑清楚的，形态亦规则，内部回声亦明显较恶性者强。

（四）涎腺癌

涎腺癌这类来自涎腺上皮的恶性肿瘤包括腺样囊性癌（adenoid cystic carcinoma），腺泡细胞癌（acinic cell carcinoma）、粘液表皮样癌（mucoepidermoid）、乳突状囊腺癌（papillary cystaceno carcinoma）、腺癌（adeno carcinoma）、鳞状细胞癌（squamous cell carcinoma）、以及未分化癌（undifferentiated carcinoma）等。这类涎腺恶性肿瘤常见于腮腺，其次是颌下腺，其他小涎腺少见。该病的发病年龄多见于中年或中年以上者。女性发病略多

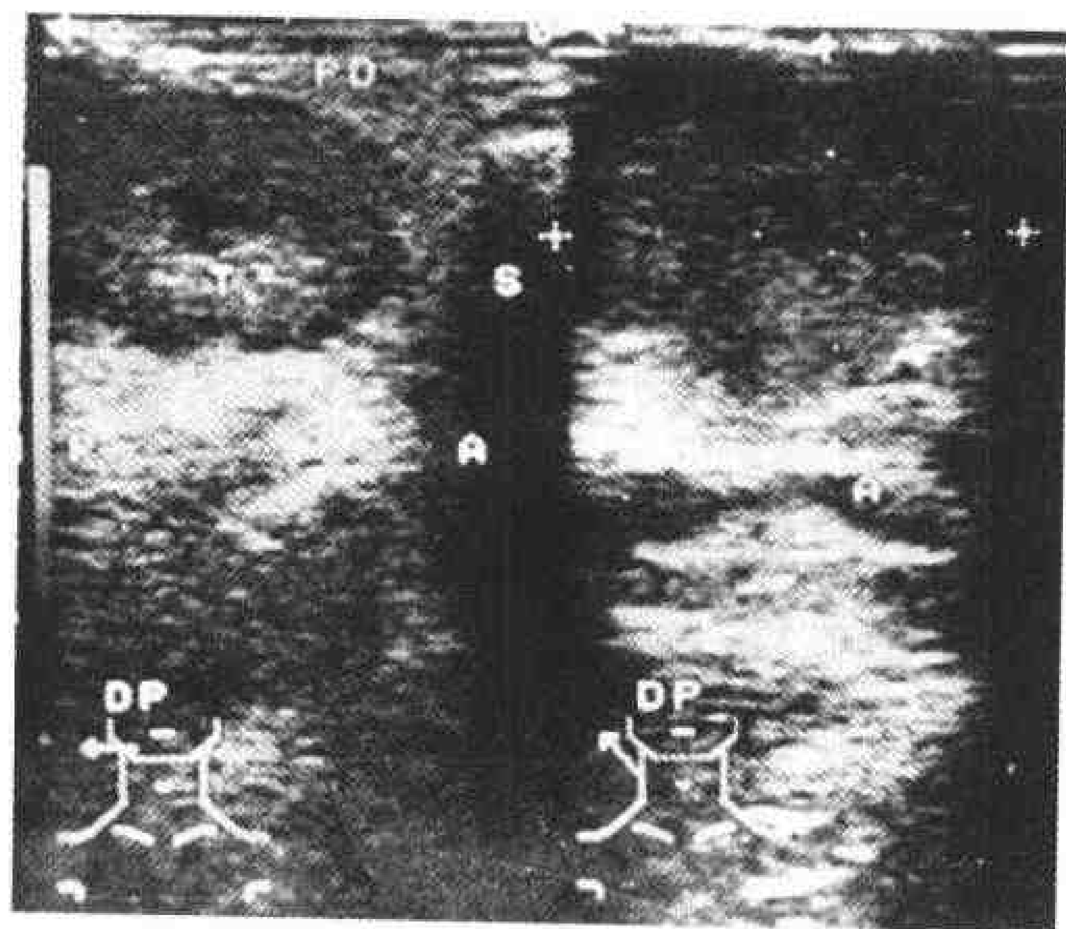


图17-6-6 右腮腺恶性多形性腺瘤声像图
PD 示正常腮腺；T. 示恶性多形性腺瘤；S. 示下颌角声影

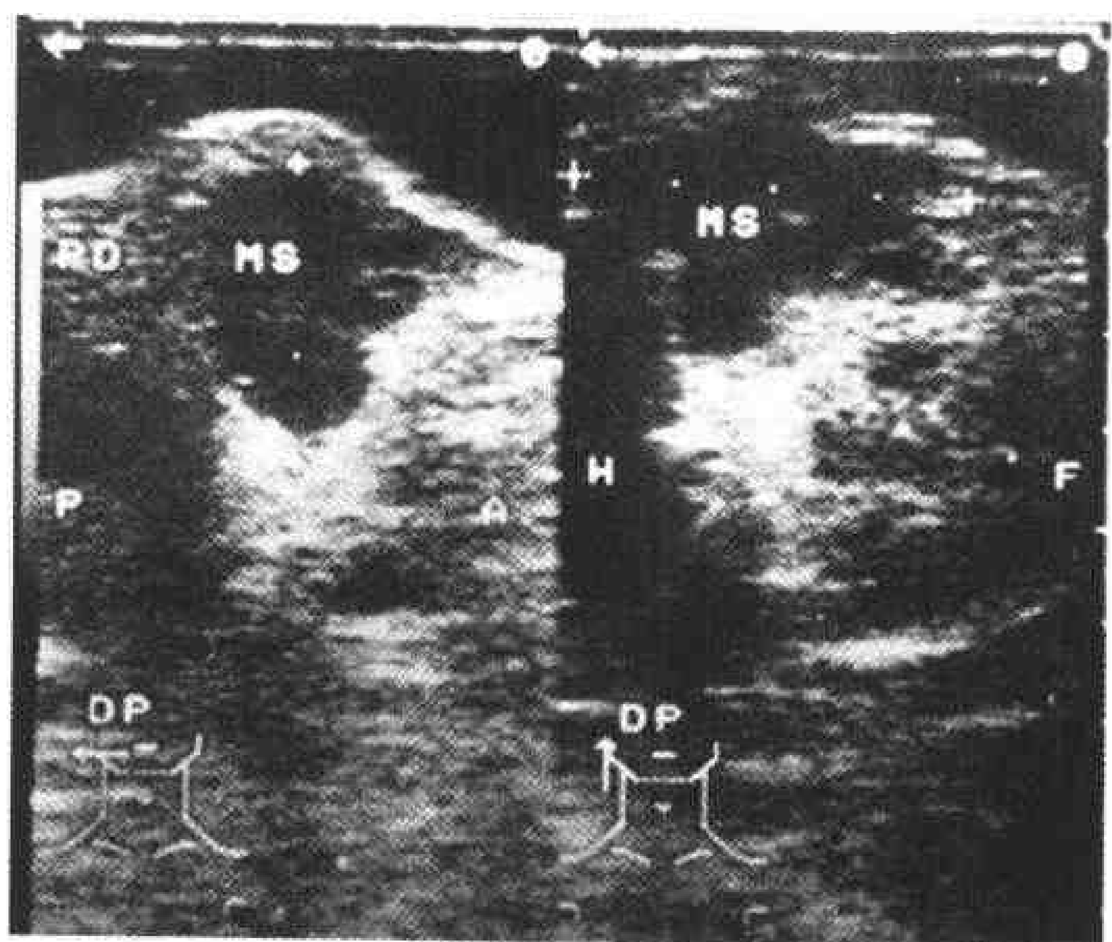


图 17-6-7 右腮腺癌声像图
PD：示正常腮腺部分；MS：示腮腺癌团块

于男性。

【声像图表现】 涎腺癌其形态不规则，明显呈分叶状或部分呈蟹足状。其边界可见但欠清楚，部分边界对正常涎腺组织有明显浸润性改变。整个肿块实质回声为明显弱回声且欠均匀；加大增益后观察见其弱回声中有散在不规则强回声斑点影及线条影。肿块后份无声衰减，偶可见回声增强表现（图 17-6-7）。

乳突状囊腺癌在涎腺中并非少见；常发生于涎腺导管上皮，且以腮腺多见。其声影图表现不同于实性涎腺癌。表现为腮腺内一囊性肿块。其囊壁偏厚，囊内部分囊壁上可见大小不等呈乳突状实性结节突向囊腔。结节表面多不光滑呈菜花状，结节与囊内壁相连之基底部往往较宽，该部分囊壁可见弱回声软组织浸润表现。囊内容物中可见细弱的光点回声。

【鉴别诊断】 从声像图中涎腺癌应主要与涎腺区其他弱回声肿块鉴别。特别应与涎腺淋巴瘤及涎腺区淋巴结核鉴别。淋巴瘤和淋巴结核的形态均规则，边界亦清楚或较清楚，无边缘浸润，更无“蟹足状”改变；其内部回声亦较均匀。再结合临床病史和体征，涎腺癌可与淋巴瘤及淋巴结核鉴别。

乳突状囊腺癌在声像图中则应与腮腺区或其周围之其他囊性肿块鉴别；如鳃裂囊肿或多形性腺瘤囊性变。声像图中应注意观察其囊内壁是否清楚，囊内壁上有无乳突状结节及有无囊壁增厚及浸润性改变，一般说来鳃裂囊肿及腺瘤囊性变者其囊内壁清楚，无软组织结节，亦无囊壁增厚及浸润表现。如果以上病变仅从声像图中鉴别有困难时则应提示临床密切观察，或定期 B 超复查。

第三节 口腔、颌面部和颈根部软组织囊性肿块的超声诊断

发生在口腔、颌面部的囊性肿块大多数位于颌骨内，这类囊肿超声难以检查。但以下囊性疾病则适宜于用超声检查。

（一）鳃裂囊肿

鳃裂囊肿一般在青春期出现无痛性肿块。扪之界限清楚可活动。囊内一般为黄绿色或棕色清亮液体。偶有囊内含浓稠胶样或粘液样物。囊肿有完整纤维囊壁，内衬复层鳞状上皮。

【声像图表现】 于腮腺区及其周围乃至在颈根部探及一较大囊性暗区。形态可为圆形或卵圆形，亦可呈分叶状。其囊壁可见，囊内壁清楚光滑。绝大多数鳃裂囊肿之囊液为均匀无回声暗区内有散在细弱光点回声或片絮状回声。加压探查囊肿易变形。其囊后壁有明显之透声区显示（图 17-6-8）。

（二）皮样囊肿

皮样囊肿系由于上皮下的结缔组织内含有皮脂

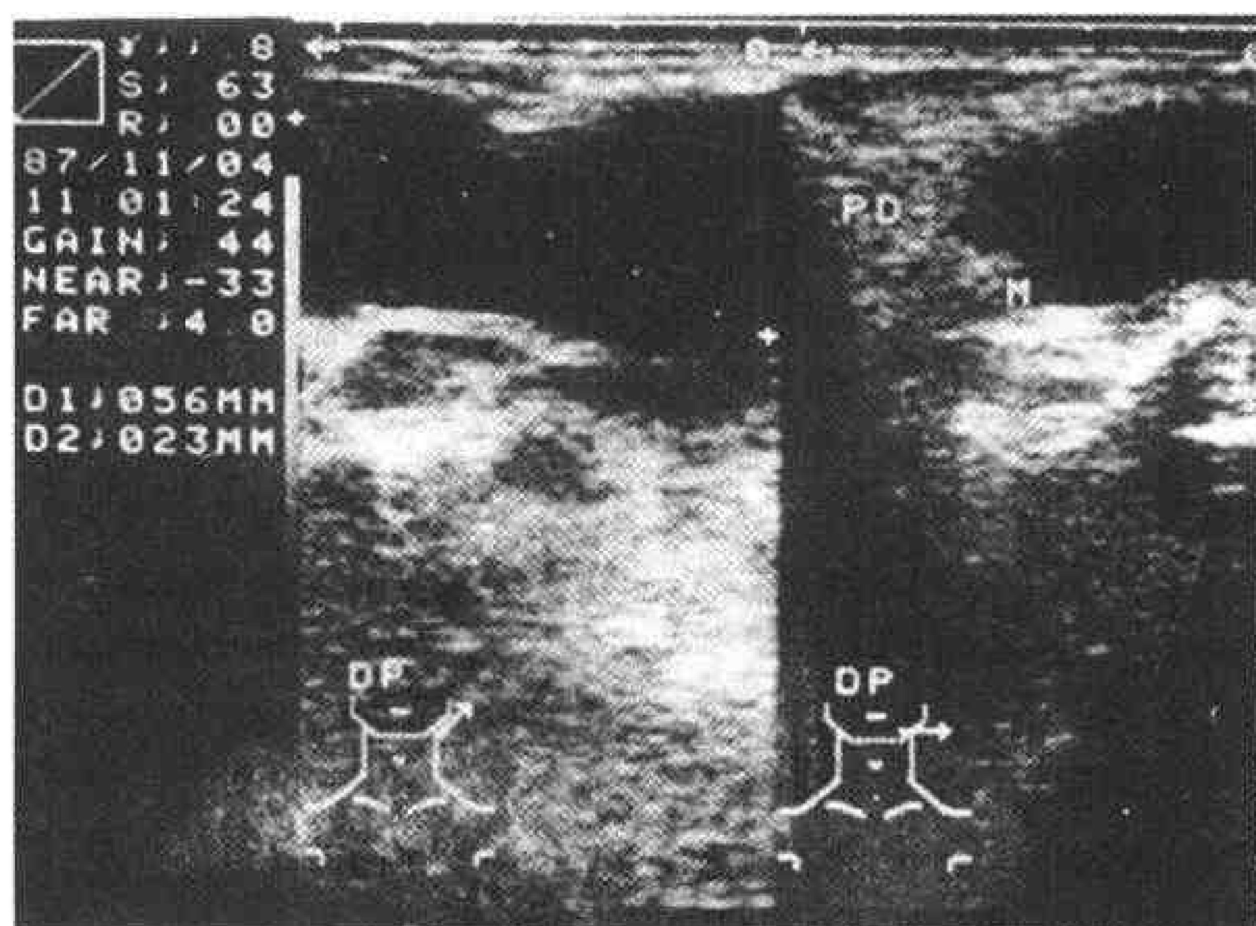


图 17-6-8 左腮腺区鳃裂囊肿声像图
PD. 示正常腮腺部分；+……+. 示鳃裂囊肿

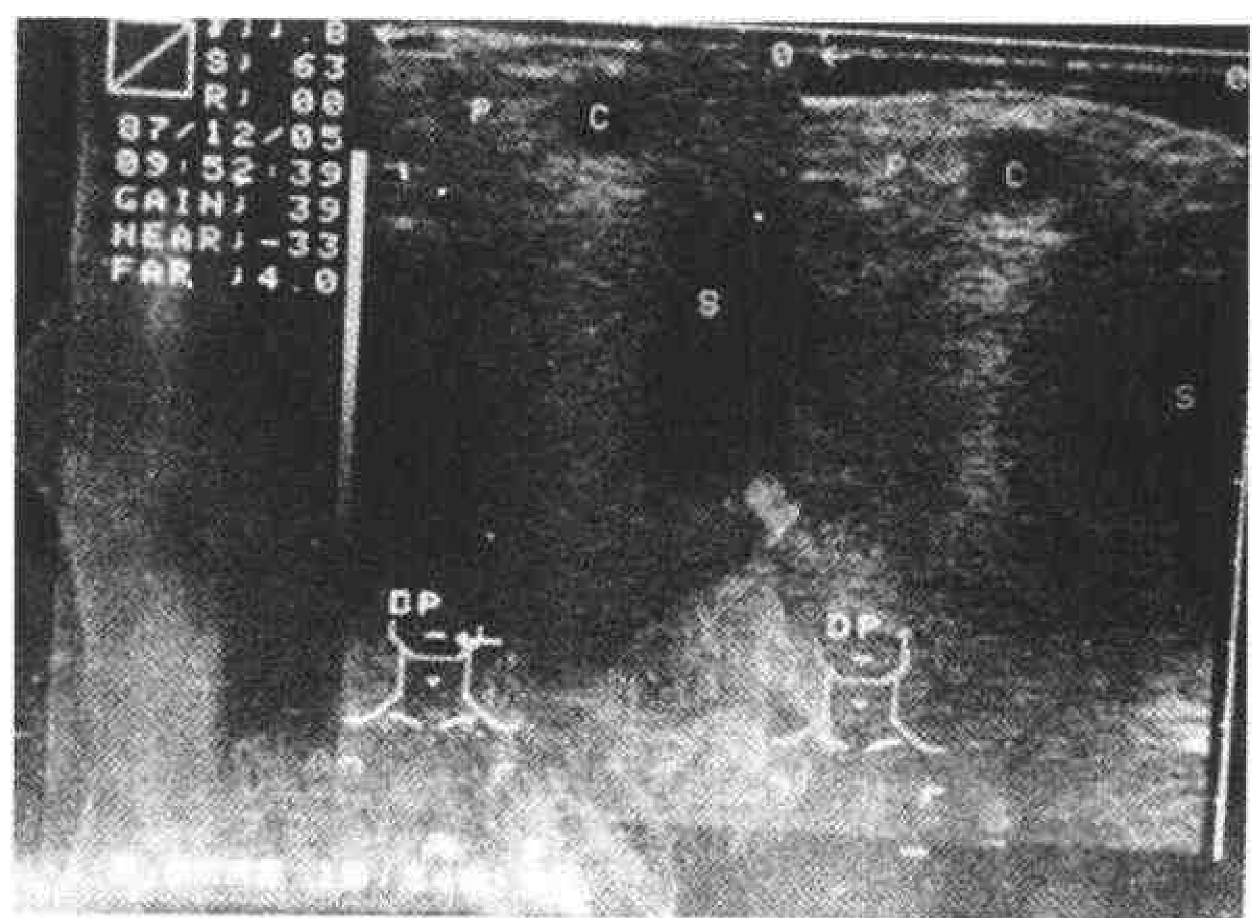


图 17-6-9 左腮腺区皮样囊肿声像图
P. 腮腺；C 示皮样囊肿；S 下颌角声影

腺、汗腺、毛囊等皮肤附属器而形成。囊腔内含有嗜伊红的角化物质和脱落上皮细胞。囊肿一般较小或中等大小，为圆形，触之有生面团感，压迫之可出现小凹陷。

【超声诊断和鉴别诊断】 超声探见面颈部或腮腺区皮下有一圆形囊样无回声区；囊壁清楚，囊内无回声，囊后有较明显透声区。加压探查易变形（图 17-6-9）。因此从声像图上鉴别诊断并无多大困难。应与之鉴别诊断的主要病变是面颈部长大的淋巴结，后者为实性，加压探查不变形。加大增益后探查内有细弱光点回声。

（赵元全）

参 考 文 献

1. 陈盛祖. γ相机. 见：中华人民共和国卫生部医政司主编. 核医学诊断与治疗规范. 北京：科学出版社，1997. 86～89
2. 陈盛祖. 单光子发射型计算机断层仪. 见：中华人民共

和国卫生部医政司主编．核医学诊断与治疗规范．北京：科学出版社，1997．89～93
3．陈爽，沈天真，陈星荣，等．颅底骨源性肿瘤的MRI影像诊断．临床放射学杂志，1996，15(4):211
4．陈星荣，林贵，夏宝枢主编．介入放射学．上海：上海医科大学出版社，1996．6～14，33～35
5．傅开元，雷荀灌，陈亚平．时间-压力曲线监视下腮腺造影的临床应用．中华口腔医学杂志，1993，28(5):265～268
6．傅开元，雷荀灌，陈亚平．时间-压力曲线监视下腮腺造影术．中华口腔医学杂志，1993，28(1):3～5
7．管昌田．99mTc唾液腺显像诊断Warthin瘤2例报告．中华核医学杂志，1987，7(3):180
8．管昌田．乳内淋巴显像．放射医学核医学分册，1985，9(4):248～251
9．国际放射防护委员会．李德平，孙世荃，陈明峻等译．国际放射防护委员会第60号出版物，国际放射防护委员会1990年建议书．北京：原子能出版社，1993．8～97
10．胡向红，孙金烈，曹丹庆．下颌骨髁状突骨折的CT诊断．临床放射学杂志，1996，15(1):39
11．解雪涛，邱蔚六，袁文化等．放射性骨坏死微血管铸型的动物实验．中华口腔医学杂志，1999，34(1):9～12
12．雷爱萍，汪说之，苏倩倩．牙源性钙化囊肿组织病理及细胞增殖活性的研究．中华口腔医学杂志，1998，33(4):207～209
13．雷荀灌，王虎．原发于颌面部的恶性纤维组织细胞瘤的X线诊断分析——附11例病案资料．华西口腔医学杂志．1988，6(2):84～87
14．雷荀灌，王毅，孙岩．计算机伪彩色图像处理颌面部X线片的分析研究．华西口腔医学杂志，1989，7(4):203～210
15．雷荀灌，王毅等．175例磷作业工人下颌骨病变的X线表现分析．中华口腔医学杂志，1989，24(5):295～298
16．李传亭，沈天真，陈星荣，等．颌骨骨折的常规X线、CT和三维CT对比研究．临床放射学杂志，1998，17(6):332
17．李果真主编．临床CT诊断学．北京：中国科学技术出版社，1994．3～9，192～228
18．廖小宜，周志瑜．牙源性钙化囊肿（附15例报告）．华西口腔医学杂志，1986，4(3):186～188
19．刘保安，梁占三，刘建．口腔原发恶性淋巴瘤的临床和病理特征分析．中华口腔医学杂志，1998，33(4):237
20．刘晰燕，高岩．下颌骨大块骨溶解症一例．中华口腔医学杂志，1999，34(1):8
21．卢勇，宣鸣，王昌美等．821例牙源性肿瘤及相关病变统计分析．口腔颌面外科杂志．1996，(1):8～11
22．卢勇，周志瑜，雷荀灌等．75例颌面部骨化性纤维瘤和骨纤维异常增殖症的X线分析研究．华西口腔医学杂志，1993，11:255
23．卢勇，周志瑜，雷荀灌等．颌面骨纤维骨病变——272例临床、X线、病理三结合研究．中国科学技术协会首届青年学术年会四川卫星会议论文集（下册）．成都科学技术大学出版社，1992．296～300
24．卢勇，周志瑜，雷荀灌等．颌面骨纤维骨病变的分类浅见．口腔颌面外科杂志，1992，2:17
25．罗万福，雷荀灌，周祥钰，等．DX-Ⅲ型牙科X线机的临床应用和防护．中华口腔医学杂志，1985，20:282～284
26．罗万福，罗文彬，吴大可．牙科X线诊断摄片时被照器官接受放射线剂量的测定研究．中华口腔医学杂志，1989，24:306～308
27．罗德红，石木兰．颈部舌骨上区肿瘤及肿瘤要的CT和B超诊断．中华放射学杂志，1996，3:184
28．马绪臣，张震康．颞下颌关节紊乱综合征的命名和诊断分类．中华口腔医学杂志，1998，33(4):238～240
29．粟维国，裴华，李亚明，等．唾液腺弥漫性肿大的99mTcO4动态显像及其临床价值．中华核医学杂志，1988，8(3):136～138
30．谭天秩主编．临床核医学．北京：人民卫生出版社，1993．859～903，953～967
31．田卫东，王虎，陈列等．牙源性粘液瘤的临床X线和病理学研究．口腔颌面外科杂志，1999，2(9)，127
32．王恩博，俞光岩，高岩等．牙源性角化囊肿上皮细胞增殖动力学初步研究．中华口腔医学杂志，1998，33(4):210～212
33．王弘士，杨天锡，顾雅佳．颈动脉间隙肿瘤的CT诊断．中华放射学杂志，1994，28(10):677
34．王虎，郑广宁，刘敏等．牙源性钙化囊肿X线诊断．华西口腔医学杂志，1999，3(17)
35．王纵华，杨天锡，刘邦令．颈部周围神经源性肿瘤CT诊断．中华放射学杂志，1992，7:458
36．王世真，周前．核医学正迈进PET时代．放射医学核医学分册，1997，21(5/6):244～248
37．王正敏主编．颅底外科学．上海：上海科学技术出版社，1995．1～20
38．吴汉平，冯敢生，梁惠民，等．颈部肿块血管造影诊断．临床放射学杂志，1998，17(2):80
39．俞光岩，邹兆菊，王仪生，等．腮腺区肿块的影像学

综合诊断. 中华口腔医学杂志, 1989, 24:258
40. 俞光岩. 涎腺疾病. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1994
41. 张福胤, 俞光岩, 马大权. 核素动态显像评价正常颌下腺功能. 中华口腔医学杂志, 1999, 34 (2):83~84
42. 张刚, 奥村泰彦, 山田英彦等. 拍摄全口根尖片患者吸收X线剂量的研究 中华口腔医学杂志, 1999, 34 (1):5~8
43. 张桂芝译. 下颌骨再造术中骨SPECT和半定量分析对微血管骨连接存活力的早期评价. 放射医学核医学分册, 1998, 22 (6):263
44. 张挽时主编. 临床副鼻窦影像诊断学. 北京: 中国科学技术出版社, 1997. 101
45. 张维信, 袁天龙, 杨渭临. 颌面部骨化性纤维瘤和骨纤维异常增殖症的回顾性分析. 中华口腔医学杂志, 1989, 241:363
46. 张晓, 张震康, 张熙恩等. 自动X线头影测量分析系统的研究. 中华口腔医学杂志, 1999, 34 (2):76~79
47. 张晓琴, 欧阳墉, 张永利. 颈动脉体瘤的DSA和MR诊断. 临床放射学杂志, 1992, 4:205
48. 赵元全, 张瑞蓉. 灰阶实时超声对腮腺肿块的鉴别诊断. 华西医科大学学报, 1990; 21 (1):92~95
49. 郑广宁, 雷荷灌. 数字图像处理颌骨囊性病损X线片研究初探. 华西口腔医学杂志, 1991, 9 (3):203~205
50. 郑广宁, 王虎, 田卫东等. 牙源性粘液瘤误诊分析. 口腔颌面外科杂志, 1999, 2 (9):133
51. 郑广宁, 王虎, 周志瑜. 下颌骨髁突及喙突软骨瘤——附8例报告. 华西口腔医学杂志, 1999, 2(17):1
52. 邹兆菊 (主编). 涎腺疾病影像学诊断. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1990
53. 马绪臣主编. 口腔颌面医学影像诊断学. 第3版. 北京: 人民卫生出版社, 2000
54. 邹兆菊, 马绪臣主编. 口腔颌面医学影像诊断学. 北京: 人民卫生出版社, 1997, 1~4, 74~82
55. Arthur John, et al. Calcifying odontogenic cyst: A clinicopathologic study of 57 cases with immunohistochemical evaluation for cytokeratin. J Oral macillofac Surg, 1997, 55:679~683
56. Buchnex A, Merrell PW, Hanses LS et al. Calcifying odontogenic cyst: An analysis of 215 cases. J Oral Maxillofac Surg, 1991, 49:330
57. Chaudhuri TK and stadalnik RC. Salivary gland imaging. Semin Nucl Med, 1980, 10 (4):400~401
58. DH Szolar, R Groell, H Braun, et al. Ultrafast computed tomography and three-dimensional image processing of CT sialography in patients with parotid masses poorly defined by magnetic resonance imaging. Acta Otolaryngol (Stockh), 1996, 116:112~118
59. Endo K, Ohta H, Sakahara H, et al. Newly designed Tc (V)-99m dimercaptosuccinic acid; An agent of high accuracy for the diagnosis of head and neck and soft tissue. J Nucl Med, 1984, 25 (5):112
60. Haberkorn H. Strauss LG, Dimitrakopoulou A, et al. Fluorodeoxyglucose imaging of advanced head and neck cancer after chemotherapy. J Nucl Med, 1993, 34 (1): 12~17
61. Hong SP Ellis GL, Hartman KS. Calcifying Odontogenic cyst review of ninety-two cases with reevalvation of their nature as cyst or neoplasms. the nature of ghost cells, and subclassification. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1991, 72:56
62. Hyo SA Carotid-Cavernous fistula: Intravascular treatment with a self-sealing detachable ballon. Radiology, 1983, 149:583
63. Kopp W, Hugh D. Aspergillosis of the paranasal sinuses. Radiology, 1985, 156 (3):715
64. L Califano, A Zupi, and C Giardino: Accuracy in the diagnosis of parotid tumours. J Cranio-Maxillo-Facial Surg, 1992, 20:354~359
65. Lecomber AR, Faulkner K. Orgen absorbed doses in intraoral radiography. Br J Radiol, 1993, 66:1035~1041
66. Mccollough CT. Morin Rh. The technical design and performance of ultrafast computed tomography. Radiol Clin North Am, 1994:521
67. Mishkin FS. Radionuclide salivary gland imaging. Semin Nucl Med, 1981, 11 (4):258~256
68. Mafee MF. Preoperative imaging anatomy of nasal-ethmoid complex for functional endoscopic sinus surgery. Radiol Clin Norlh Am, 1993, 31 (1):1
69. Ohta H, Endo K, Fujita T, et al. Imaging of soft tissue tumors with ^{99m}Tc dimercaptosuccinic acid a new tumor-seeking agent. Clin Nucl Med, 1984, 9 (10):568~576
70. Ott RJ. The applications of positron emission tomography to oncology. Br J Cancer, 1991, 63 (3):343~345
71. Per L, Mirko T. Origin of nasal polys. Laryngoscope, 1991, 10 (3):305
72. Som PM, Miller HF, Lawson W, et al. Par a pharyngeal space masses: an updated protocol based on 104 cases. Radiology, 1984, 153:149
73. T Kaneda, M Minami, K Ozawa, et al. Imaging tumors of the minor salivary glands. Oral Surg Oral Med Oral

Pathol, 1994, 77:385～390

74. Waldron CA. Fibro-osseous lesions of the jaws. J Oral Maxillofac Surg, 1985, 43:249～262
75. West OC, Mirvis SE, Shanmuganahan K, transsphenoid basilar skull fracture: CT Patterns. Radiology, 1993, 188:329
76. Wittch GR, et al. Ultrasonography of the salivary. Radiol Clin North Am, 1985, 23 (1):29
77. Zwas ST. Indirect cervical lymphoscintigraphy in healthy subjects via submucosal cheek injections. Nucl Med Biol, 1986, 13 (6):633～637

第十八篇

CHINESE STOMATOLOGY

口腔医学信息学

主编　魏世成　王翰章

作者　王翰章　李万山　黄隆庆　石　冰
　　　熊晓玲　刘福祥　贺　周　魏世成

概　　述

（一）口腔医学信息学的基本概念

口腔医学信息学，又称牙医学信息学（dental informatics，DI），是现代口腔医学（牙医学）与计算机科学、信息科学相互整合、相互渗透而形成的一门新兴交叉学科。它是医学信息学（medical informatics，MI）的一个重要组成部分，是建立在已发展20余年的医学信息学经验和成果基础上的一门学科。其主要内容涉及口腔医学临床、教学、科研及管理应用。计算机科学、信息科学的理论和技术，以及认知科学、决策科学、逻辑学、统计学等，并相互整合、相互渗透和相互促进。其学科范畴涉及到口腔医学领域内各种信息、数据及知识的获取、表达、处理、储存、检索、传播、管理及其应用等各个方面。如应用信息技术及远程通讯技术于口腔疾病患者临床数据、疾病临床诊新和治疗知识的获取、处理和传播等。口腔医学信息学的核心是以口腔医学实践中的各种信息为主要研究对象，以口腔医学信息的运动规律和应用方法为主要研究内容，以计算机科学、信息科学的先进知识和技术为手段，以提高、扩展口腔医学工作者在口腔医学临床、教学、科研等方面的智能及技能为主要研究目的。简单地讲，口腔医学信息学即是指计算机科学、信息科学及其技术在口腔医学教育、临床、科研以及信息管理等方面的应用研究。

（二）口腔医学信息学的历史、形成与发展

从计算机及其科学技术开始应用于口腔医学领域，逐步到口腔医学信息学作为一门学科而确立形成，伴随着计算机发展的各个历程，经历了由简单应用计算机的科学计算功能、图形图像处理与分析功能于口腔医学临床和科研，到应用人工智能专家系统技术、科学可视化及虚拟现实技术、多媒体技术、互联网技术等，并将计算机科学、信息科学与口腔医学临床、教学、科研相互整合而形成一门独特专业学科的过程。相对已发展20余年的医学信息学，口腔医学信息学是一个非常年轻的学科，其历史非常短暂，它建立于医学信息学经验与成果基础上，是当今医学信息学的一个重要组成部分。口腔（牙）医学信息学（dental informatics）一词最早见于1986年。在此之前，信息技术（包括计算机、软件、信息学、信息系统）在口腔医学领域的应用可追溯到60、70年代，在80年代逐渐发展。到80年代后期，口腔医学信息学处于萌芽阶段，国际医学信息学会（international association of medical informatics，IAMI）、美国牙医学院学会（american association of dental school，AADS）为口腔医学信息学的产生在80年代后期和90年代初期做了大量的准备工作。AADS于1985～1987年间开始筹备并于1988年成立AADS信息技术委员会；在1988年3月的AADS年会上，牙医学信息学爱好者首次进行了非正式的牙医学信息学国际交流；AADS于1989年7月提出了建立和发展牙医学信息学的十项策略计划。IAMI于1989年筹备组织IAMI牙医学信息学工作组，并在1990年召开的IAMI国际医学信息学会议上举行了首次牙医学信息学工作组正式会议。在90年代，尤其是90年代中后期，口腔医学信息学得到前所未有的发展。国际知名口腔医学计算机应用专家John Eisner、Cheryl A. Cameron、John J. Salley、John Zimmerman及Louis M. Abbey等先后对牙医学信息学的发展提出建议，并指出了在牙医学专业建立牙医学信息学课程的重要意义；AADS在其牙医学信息学发展计划中也提出在牙医学院中创办牙医学信息学系部的目标，指出应将牙医学信息学列为学院课程。之后，一些牙医学院开始提供牙医学计算机应用（computer use in dentistry）选修课程。1992年Louis M. Abbey、John Zimmerman编辑出版了第一本牙医学信息学专著—《牙医学信息学》。1994年由Missouri大学所作的调查显示，在30所表示支持信息技术的学校中有11所已投入信息技术，表现出在牙医学领域应用计算机的强烈兴趣。AADS通过信息技术委员会和各种信息技术公会积极促进牙医学信息学的发展。但作为一门学科正式确立其历史地位是在90年代中期。1996年美国Temple大学牙医学院牙医学信息学系的建立标志

着口腔（牙）医学信息学的正式形成。1996年7月1日，Temple大学牙医学院在信息技术方面经过长达6年的投资准备之后，创办了全世界第一个牙医学信息学专业，国际著名牙医学信息学专家Titus K.L. Schyler被任命为新专业的系主任。建立牙医学信息学专业的目的是增进计算机技术在牙医学领域的发展，培养牙医学专业人员成为牙医学计算机应用专家。其任务是在牙医学博士前、博士后及继续教育层面提供广泛的牙医学信息学教育，在应用计算机科学理论及信息技术于牙医学方面从事更广泛的研究。

（三）口腔医学信息学产生的重要意义

计算机科学与信息技术正迅速成为口腔医学教育、临床、科研以及基础建设的一个基本部分。计算机正从办公桌转移到口腔医生椅旁而成为一种不可缺少的临床辅助工具。口腔疾病患者临床资料的计算机化记存及相关临床辅助诊断技术，如数码X线摄影、口腔内照相设备、电子探针等的出现，将加速替代传统的以纸为载体的资料记录方式。而这些新的计算机辅助工具及计算机系统的使用及其价值评估，则需要经过适当培训的专业技术人员。

在美国，许多牙医学校在应用信息技术方面经历了一个快速扩张时期之后，计算机及信息技术在牙医学临床、教育、科研，以及基础设施如网络、培训、终端用户支持等方面的应用已渗透到传统的中央管理模式中。其经验表明，有关这些系统的设计、实现以及维护需要既懂得牙医学又通晓计算机信息技术的专业技术人员来完成。

在信息学时代，口腔医学生的教育应该从计算机信息技术在口腔医学应用中获益。然而遗憾的是，目前大多数学生还没有机会接受有关知识及技术的培训而要突然面对工作中的计算机设备和技术。因此，口腔医学生应该在毕业之前学习有关的计算机知识和信息技术，以便在今后的工作中能应用自如，融会贯通。在口腔医学教育中开设口腔医学信息学课程，需要能将学生领人计算机信息技术及其在口腔医学领域中应用的教学人员。

（四）口腔医学信息学与相关科学的相互关系

1. 口腔医学信息学与医学信息学　相对医学信息学，口腔医学信息学是一个非常年轻的学科。口腔医学信息学的形成与发展是建立在医学信息学经验和成果基础上的，因此也可说是医学信息学的一个重要分支学科。在美国、德国等发达国家，医学信息学作为一门学科已经存在了20余年。国际医学信息学会最新的一个统计结果显示仅仅在美国就有超过30个学校或研究机构提供卫生或医学信息学硕士、博士学位研究生课程。就读医学信息学者既可以是医学专业学生，也可以是计算机科学专业学生。

2. 口腔医学信息学与口腔医学　口腔医学信息学是现代口腔医学与计算机科学、信息技术相互交叉形成的一门边缘学科。因此，口腔医学信息学也是现代口腔医学的一个分支。口腔医学经过长期的发展已形成拥有临床、基础、多种边缘分支学科的科学，口腔医学信息学是其最年轻，萌芽于80年代中后期，发展于90年代初期，形成于90年代中期的分支学科。现代口腔医学的发展需要利用先进的计算机科学和信息技术辅助，这种需要则已成为口腔医学信息学发展形成的必要前提，而高度发展成熟的计算机科学和信息技术则为口腔医学信息学的发展形成提供了必要的手段或条件。可以相信，21世纪口腔医学的发展进步将随着口腔医学信息学的发展而发展，21世纪的口腔医学将随着口腔医学信息学的发展成熟进入新的历史阶段。

3. 口腔医学信息学与计算机科学及信息科学　口腔医学信息学是现代计算机科学、信息科学与技术高度发展后渗人现代口腔医学的必然产物。现代口腔医学作为计算机科学、信息科学发展的受体之一，同医学领域这个大受体一样，其相互作用的结果对计算机科学、信息科学和技术的发展起了不可忽视的重要作用。同时计算机科学、信息科学技术在口腔医学领域的应用研究也大大促进了现代口腔医学的发展。口腔医学信息学的形成无疑是口腔医学发展史上的一个重要里程碑。口腔医学信息学的发展将随着计算机科学、信息科学的高速发展而进人一个崭新的阶段，从而促进口腔医学的发展。

（魏世成　王翰章）

第一章　口腔医学信息学基础

第一节　医学信息学基本原理和方法

一、医学临床过程的信息学模型

医学临床过程包括临床信息资料（病史、体征、检查结果等）的采集、疾病的诊断与鉴别诊断推理、治疗计划的制定与实施、医生与患者的交流及对诊治结果的评价等过程。医学临床过程的信息学模型可用瀑布模型来描述（图 18-1-1）。临床资料的获取是医学临床过程的第一步，涉及病史资料的获得、体格检查及记录检查结果、获得患者的初步印象等。由此产生的信息资料数据应以系统化、格式化的数据库形式组织起来。第二步是临床信息资料的分析过程，通常描述为诊断与鉴别诊断过程，包含演绎推理和归纳推理两个过程。

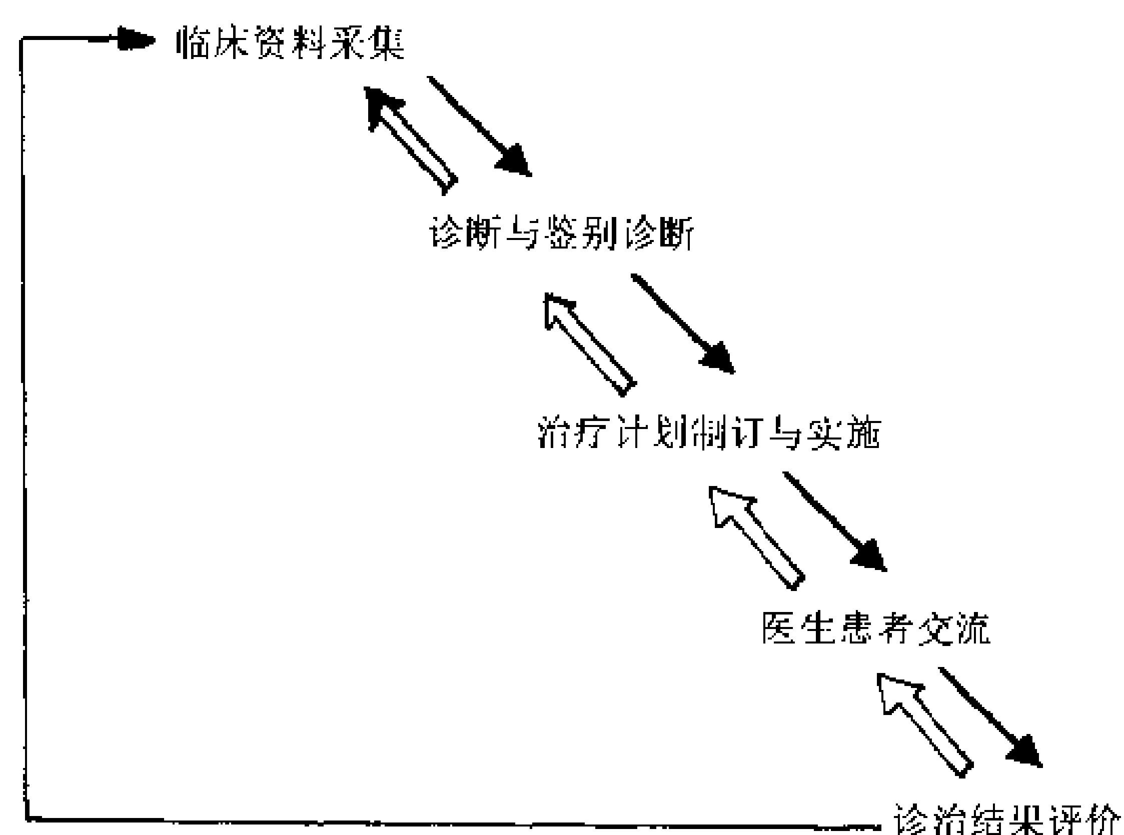


图 18-1-1　医学临床过程的信息学模型--瀑布模型图

二、数据、信息、知识的含义及其相互关系

（一）数据、信息、知识的含义

1. 数据的基本含义　数据（data）是对事实、概念、指令的一种特殊表达形式，是载荷信息的一种物理符号。它具有任意性，同样的信息可以用不同的数据形式加以表达。数据可以用人工或自动化装置进行通信、翻译及处理。从信息处理的角度，数据为客体属性的具体描述，其内容是客体属性的反映。另外，数据又是符号的集合，而这些符号就是数据的形式。

2. 信息的基本含义　广义上讲，信息（information）是物质和能量在时间和空间上定性或定量模型或其符号的集合。从信息处理角度，信息是对人有用的，能够影响人的行为的数据，即是指人从事各种活动所需的知识。信息是抽象的具有有用性和可传递性的特点。信息在空间上的传递称为通信，而在时间上的传递称为存储。

3. 知识的基本含义　知识（knowledge）是一种有用的，可影响人的行为的，经过概括、总结、提炼的数据，是一种被人们公认的、具有一定规律的信息。

（二）数据、信息、知识的相互关系

数据、信息、知识是三个既相关又不同的概念，既有联系又有区别。数据是用于表示信息的，

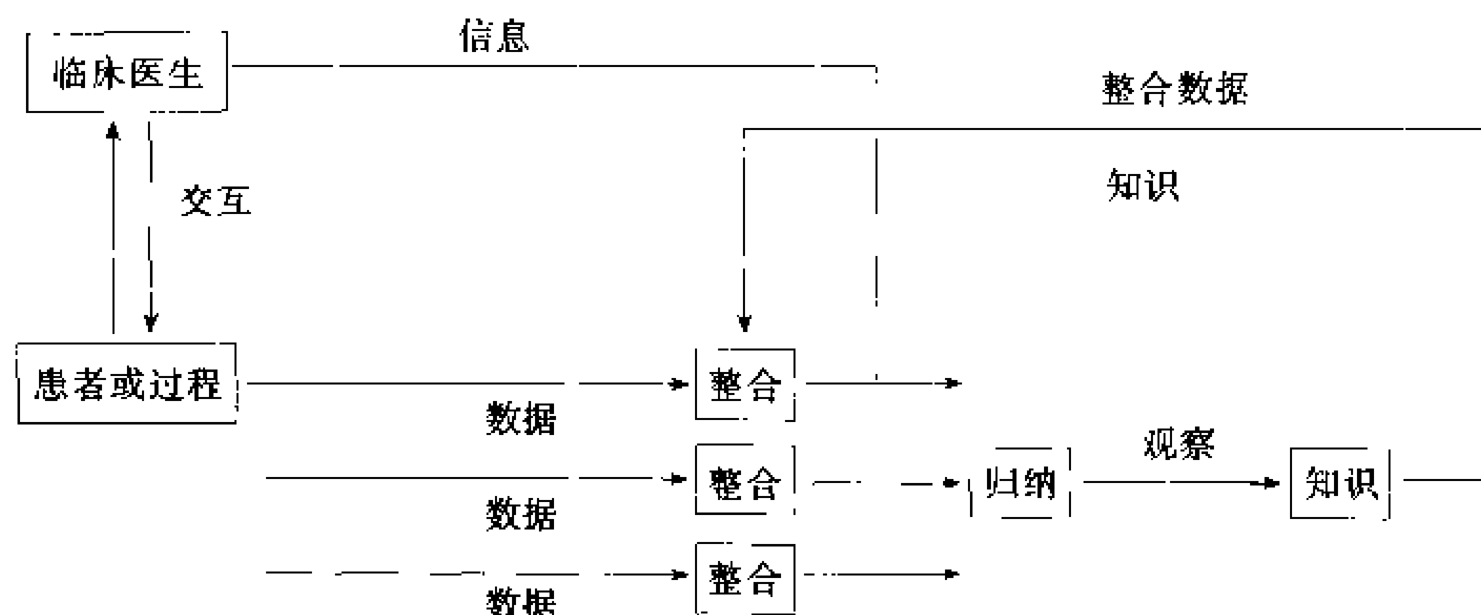


图 18-1-2 医学数据、信息、知识的相互关系框图

但并非任何数据都能表示信息；信息是一种可为人类消化理解的数据，它是一种反映客观现实世界的知识，它不随载荷它的物理设备所决定的数据形式而改变。人类生活在信息的海洋里而机器运转于数据的海洋中。因此，信息的主体是人，而数据的主体是机器。系统操作的数据是表达术语和概念的象征性符号，数据是原始的事实。而信息是由人类使用的放置于有意义的内容之中的数据。人类善于处理信息而机器（计算机）善于处理数据。人类通常对事件作出主观的观察，如对牙龈感染程度或牙髓活力的评价，而计算机通常对事件作出客观的评价，如利用精确设计的诊断系统可准确记录牙龈炎症的范围或牙髓活力程度。在医学信息学领域，医学数据、信息、知识的相互关系如图 18-1-2 所示。

三、数据处理及其基本方法

（一）数据处理的含义

数据是人类社会发展和生存的一个重要资源，人类的日常活动都离不开数据。数据处理是指对数据进行一系列加工、储存、合并、分类、检索、计算等操作的过程。数据处理的目的是从大量杂乱无章的、难以理解的数据中整理出有一定规律的，对人类日常活动有价值的、有意义的信息，作为人类制定决策的依据。因此，数据处理是指将数据转化为信息的过程。在这个过程中，数据是原料、是输人，信息是产品，是输出。

（二）数据处理的基本方法

数据处理的基本方法包括数据获取、数据验证、数据分类、数据排列等。

数据获取（data capture）：从一个事件或观察中获得或记录数据，如检查观察的自动化记录。

数据验证（data verification）：核对或验证数据确保其为事件或观察结果的真正代表，如自动化口腔医学检查中的--个反馈步骤可证实一个记录的发生和所陈述的事件确实被记录下来。

数据分类（data classification）：将数据放置于一个对使用者有意义的特殊类别中，如一个患者数据库中的统计学类别。

数据排列（data arrangement）：将数据元素按一定的规律排列或排序，如根据邮政编码排列患者的地址。

数据集合（data aggregation）：以数学或逻辑编排方式将数据结合或归结在一起，如将待处理病案的数量归总。

数据分解（data decomposition）：将成组的数据分解成更小的数据成分。如牙修复的流行病学研究中需将有关的流行病学数据进行分解处理。

计算（calculation）：包括数据的算法和逻辑处理，可进行自动分析处理。

储存（storing）：将数据放置于暂时性或永久性保存媒介，以便进一步处理。通常采用自动储存媒介形式。

检索（retrieval）：从数据的存储媒介中搜索和连入特殊的数据。

复制（reproduction）：从一种格式或媒体复制数据到另一种格式或媒体，如打印患者账单表。

通信（communication）：将数据从一地传播或传输到另一地，最终到达终端用户。如在异地从视频显示器上演示一个研究数据库的分析结果。

第二节　口腔医学信息分类及其获取方法

一、口腔医学信息的含义

信息是一种对特定的事物或人有意义的数据。根据这一定义，口腔医学信息可定义为发生于口腔医学临床医疗、科学研究、教学及相关的管理工作中，对患者、医务人员、研究工作者、学生以及相关的管理行政人员等有价值的数据。口腔医学信息既可以是以数字或数值表示的数据，如临床检验数据、科学研究中的定量测量数据，可以是以图形图像表示的数据，如牙齿X线影像、口腔病理切片显微镜图像、CT及MRI影像，也可以是由声音、电信号表示的数据，如肌电信号、口腔语音。

二、口腔医学信息分类

从信息学角度，医学信息可分为模拟生物信号和符号医学信息两大类。其中，模拟生物信号又可分为生物电信号和非生物电信号（如光、声等）两类；而符号医学信息则可分为文字信息和非文字信息两类，其中非文字信息包含图形、图像等。沿用医学信息的分类原则，口腔医学信息从信息学角度也可分为信号信息和符号信息两类。前者如咀嚼肌肌电信号、口腔语音信号；后者如颞下颌关节解剖模式图、舌癌病理切片图像、颌骨X线影像，以及用文字描述的口腔疾病信息等。从应用的角度，根据表达方式的不同，口腔医学信息可分为文字信息、图形图像信息、信号信息、声音信息及视觉信息等五大类。其中最主要的是以文字和图形图像方式表达的信息。

1. 文字信息　用文字描述表达的信息是口腔医学领域最主要的信息之一。口腔医学临床、科研中的检验数据、测量数据均可用数值表示，如唾液成份检验数据、牙咬合接触面积的大小、牙周袋深度等可用数字数值表示；口腔医学临床经验、专家知识、常识等则可用文字来描述表达，口腔医学科研的定性结果的描述也可用文字来表达。在口腔医学教育领域大量的知识是用文字来描述的。口腔医疗管理中患者姓名、性别、年龄、病史，以及医疗用品数量、门诊量、收费、药品数量等均可用数字及（或）文字来表达。

2. 图形图像信息　图形、图像信息是口腔医学领域中另一类主要信息表达方式。口腔医学临床、科研、教学及管理中存在大量的以图形或图像表示的信息，这些信息难于用文字描述，而用图形、图像表达则直观易懂，而且所表达的信息量非常大且丰富多彩。口腔医学教学中常用的描述问题的模式图，如牙体形态解剖模式图、颞下颌关节结构模式图、口腔颌面部手术图解等，常常用图形来表达；口腔临床及科研中常用的X线头影测量片、颌骨CT图像、MRI图像、口腔病理学显微镜下图像等二维静态图像，以及颌面部畸形、肿瘤的三维图像及颌面部手术过程的三维动态影像等均可用图像来表达。

3. 信号信息　生物信号（biosignals）信息如咀嚼肌肌电信号、三叉神经电信号等可表达口腔医学领域中神经肌肉器官的变化情况。

4. 声音信息　口腔语音、颞下颌关节异常声音、叩齿声等声音信息的改变可提供一定的医疗信息。

5. 视觉信息　牙齿修复的色彩选择可提供重要的牙齿美学修复信息。

三、口腔医学信息的获取与转换

口腔医学信息的获取是口腔医学信息学的重要内容之一，口腔医学信息的获取方法因口腔医学信息的来源及表达方式的不同而不同，获得的口腔医学信息可因获取手段的不同及储存载体（媒体）的不同而分为数字化信息和非数字化信息。其中，获取的非数字化信息需要通过特定的转换设备如图形图像卡、声卡等转换为计算机能接受的数字化信息，方可利用计算机实现对口腔医学信息的处理、表达、评价及检索。

（一）口腔医学信息的获取

1. 非数字化获取手段　非数字化的口腔医学信息获取工具仍然是目前口腔医学领域重要的信息获取手段。其中，最常用的仍然是口腔X线机，CT、MRI的应用也逐渐增多。另外，普通照相机、摄像机、激光扫描系统、肌电图仪、语音仪等也在口腔医学临床、教学、科研及管理工作中应用

于口腔医学信息的获取。

2. 数字化获取手段 随着数字化技术的发展，口腔医疗设备的数字化已成为一个重要的发展趋势。数字化的口腔医疗设备尤其是口腔医疗信息获取设备的数字化，为数字化口腔医学信息的获取提供了简便、有效的手段。目前，可供获取数字化口腔医学信息的设备有数字化牙科X线成像系统、数字化牙周探针、数字化口腔内摄像系统等，这些数字化系统的应用可直接获取数字化的口腔医学信息。

（二）口腔医学信息的转换

口腔医学信息的数字化转换也是口腔医学信息学的一个重要内容。通过非数字化设备或仪器获得的口腔医学信息需要经过数字化处理才能输入计算机储存和利用。其中，图形图像信息可通过图形图像卡实现数字化转换；声音信息则可通过声卡转换；肌电信号需先转化为图形，然后再用图形数字化仪转换为数字化信息。

四、口腔医学信息的输入输出

（一）口腔医学信息的输入

1. 非数字化信息的输入 利用非数字化设备或仪器获得的口腔医学信息需要经过数字化处理才能输入计算机储存和利用。口腔医学文字信息的输入可经过键盘直接输入，或通过扫描仪扫描及字符识别处理转化后输入；由普通X线机获得的口腔颌面部X线片信息、普通照相机拍摄的口腔颌面部组织器官图片信息，以及用普通摄像机获得的动态图像，均需要通过特定的图形图像数字化转化设备如图像卡、视频卡等转换成数字信息后输入计算机储存处理。通过语音仪获得的口腔语音信息需经过声卡转换后输入计算机。

2. 数字化信息的输入 利用数字化设备获取的口腔医学信息则可通过该设备直接输入计算机储存和处理。如用数字化牙周探针获取的牙周袋信息，用数字化X线机获得的口腔颌面部软、硬组织（包括牙齿）X线影像信息，用数字化照相机拍摄的口腔颌面部组织器官的数字化照片信息，用数字化摄像机拍摄的口腔颌面部手术动态数字化影像信息等，可通过有关的数字化设备直接输入计算机储存和处理。

（二）口腔医学信息的输出

1. 屏幕显示和打印输出 屏幕显示和打印机打印输出是最常用的、最基本的输出方式。口腔医学文字信息和图形图像信息均可通过屏幕显示或打印输出。尤其是图形图像信息的输出，无论是二维的还是三维立体的，无论是静态的还是动态的，均可在屏幕上实现输出过程。虚拟现实技术的出现使屏幕输出具有更丰富、更具理解能力的方式。如牙种植手术的虚拟现实输出环境较二维的平面屏幕输出环境对使用者掌握牙种植技术有更好的指导意义

2. Internet远程传输 通过Internet远程传输功能可实现对口腔医学信息的远程输出，使口腔医学信息资源能获得更广泛的共享。在Internet上不仅可实现对口腔医学文字、图形图像信息的远程输出，而且可实现对声音信息的远程输出，以及动态图像的视像会议式的交互输出。

第三节 口腔医学信息学原理与内容

（一）口腔医学信息学的基本原理

口腔医学信息学的基本原理是将成熟的计算机、信息技术整合于口腔医学临床、教育、科研及管理实践中，促进口腔医学的发展。由于计算机信息技术发展非常迅速，成熟的计算机信息技术将不断应用于口腔医学各个领域，因此口腔医学信息学所涉及的计算机信息技术也将随之而不断更新和扩展。目前口腔医学信息学所应用的计算机信息技术主要有数据库技术、图形图像处理技术、人工智能专家系统技术、多媒体技术、科学可视化及虚拟现实技术、国际互联网技术等。要将这些技术成功地整合到口腔医学领域中，首先需要建立信息处理、储存、通讯的标准，需要准确的自然语言式的数据（包括文字、图形图像、语音等）输入环境，需要良好的人机界面、中央数据库及口腔医学教育基础设施。

（二）口腔医学信息学基本内容

口腔医学信息学的基本内容随着口腔医学信息学的发展而不断发展。最初的基本内容有口腔疾病模拟、决策支持、临床信息系统、临床前影像教学系统、电子化课件及课程发展、药物信息数据库、

第二代临床数据库及电子口腔病历记录系统。目前，口腔医学信息学的基本内容随着虚拟现实技术、国际互联网技术等的整合应用而增加了口腔医学远程医疗和通讯系统、口腔医学网上信息资源开发与利用、虚拟牙医学院及医院、基于互联网的数据库系统、数字化口腔医疗设备与辅助系统等。

（魏世成　黄隆庆）

第二章　数字图像处理与口腔医学

第一节　数字图像处理基础

一、数字图像处理的基本含义

（一）数字图像处理与数字图像处理系统

1. 数字图像处理的定义　是指利用计算机和图像专用设备对图像进行去噪声、增强、复原、分割、特征提取等的理论、方法和技术。通过数字图像处理可将模糊或受损图像进行处理以实现图像增强、复原、重建、分割及配色等。数字图像处理主要包括图像的获取与输入、图像储存、图像处理、图像表现、图像分析与识别、图像输出与传输等。

2. 数字图像处理系统　由计算机、输入输出及处理设备等组成的用于数字图像获取、增强、复原、变换、处理和表现的系统。除特殊领域外，一般的数字图像处理系统由工作站或PC机加图像板或图像系统构成。

（二）数字图像处理的基本作用

1. 提高图像的质量　主要是指提高图像的视觉质量。如对图像进行亮度、色彩变换，增强或抑制图像的某些成分，对图像进行几何变换等，目的是改善图像的质量，便于人的肉眼或机器识别。

2. 提取图像特征或信息　指提取图像所包含的具有某些特征或特殊信息，便于计算机分析图像。图像可提取的特征包括频域特征、灰度或颜色特征、区域特征、纹理特征、形状特征及关系结构等。

3. 图像数据变换、编码和压缩　对图像数据进行变换、编码及压缩处理，目的是便于图像的储存和传输。

二、数字图像处理的相关概念与方法

1. 图像获取和图像表现　图像获取是指将模拟图像信号转化为计算机所能接受的数字图像的过程与技术。将数字图像以所需形式显示出来则为图像表现。

2. 图像复原与重建　图像复原是指对已知图像退化原因，将退化的图像用复原技术进行图像校正。复原技术是基于模型和数据的图像恢复，目的是消除退化的影响。图像重建是指利用被测对象的多个一维投影数据重建图像的技术，可看做一种特殊的复原技术。获得对象投影数据的方法主要有放射法、反射法及投射法。

3. 图像增强　图像增强是指将图像中的有关信息增强，去除或压低噪声，使图像更清晰或更易于分析的技术。其作用一是处理原始图像，使其更适合人眼观察，二是变换图像便于人或机器分析处理。对不知原因的退化图像可使用图像增强技术较为主观地改善图像质量。使图像增强的方法包括灰度变换、图像平滑、图像锐化、图像几何变换及图像伪彩色增强等。

4. 图像分析　对图像中的不同对象进行分割、提取特征和表示，便于计算机对图像进行分类、识别、理解或解释。

5. 图像编码和压缩　对图像进行编码和压缩以便于图像的储存和传输。

三、数字图像处理的医学价值

数字图像处理技术已广泛应用于生物医学领域中，如对X线、超声、显像图像进行分析，计算机断层摄影分析和重建等。其中，CT是利用X线投射方法重建图像，是根据人体断面的投影重建此断面的图像。

第二节　数字图像处理口腔医学应用

一、计算机图像分析系统

（一）计算机图像分析系统口腔医学应用概况

口腔医学领域涉及大量的图像资料，尤其是在进行口腔医学研究中需要对这些图像资料进行处理

分析。这些需求使计算机图像分析系统在口腔医学领域获得应用。在口腔正畸学领域，利用计算机图像处理技术、模式识别技术及计算机辅助设计（CAD）技术，在 UVAX 机上应用 IP8500 图像处理系统建造牙颌模型三维测量及诊断、矫治设计 CAD 系统。该系统利用近景摄像头获取多角度的牙颌模型二维图像，利用计算机图像处理技术将多个二维图像重建构成三维图像，进行三维立体测量计算，统计处理之后将所得数据储存作为计算机辅助诊断和设计的基本数据，最后结合其它资料，经过计算机综合分析提供较为全面的诊断和矫治方案，并可对矫治方案进行模拟、修正。其主要特点是可对牙颌模型进行三维立体测量，较手工测量速度快、精度高。该系统的出现标志着计算机技术在口腔正畸学领域的应用和研究进入一个新的阶段。在𬌗学领域，计算机图像分析系统的应用更获得良好的结果。

（二）咬合接触计算机图像分析系统

1．概况　咬合接触计算机图像分析系统是根据咬合接触的特征，利用计算机图像分析技术建立的可对咬合接触点的性质、数目、面积、部位及类型等进行计算分析的计算机图像分析系统。咬合接触计算机图像分析系统的建立和应用使𬌗学的研究从定性描述、手工定量阶段进入计算机辅助定量研究阶段。1984 年，Millstein 首次应用计算机图像分析系统对牙的咬合接触关系进行定量研究。之后，随着计算机技术的进步和对计算机图像分析咬合系统的不断完善改进，目前该研究手段已成为一种可全面研究咬合接触关系的较理想方法，并可应用于临床检查牙的咬合接触关系。

2．系统组成及流程　咬合接触计算机图像分析系统的主要组成部分包括摄像机、图像采集显示卡、计算机、显示器、光源设备及有关软件等。其主要工作流程可描述为：用硅橡胶记录牙咬合接触关系获得咬合记录；将咬合记录置于光源上方，用摄像机摄制图像，使光信号转换为电信号，再经 A/D转换（模拟信号转换为数字信号）将图像输入图像采集卡即获得反映咬合接触数目、位置及范围的图像资料。

3．系统工作原理　咬合接触计算机图像分析系统通过图像采集、图像处理、图像分析及统计学处理对𬌗接触点的性质、数目、面积、位置及类型等特征进行定性和定量分析。

（1）图像采集：硅橡胶是目前最理想的咬合记录材料。用硅橡胶获取咬合记录后，对其边缘进行修整，然后将其置于自由升降的透视灯台上，用摄像机摄像，并通过伪彩色图像采集卡将视频信号转换为数字信号，在显示器屏幕上观察，或存入磁盘保存。

（2）图像处理：𬌗接触点图像是一幅 0～256 灰度级的灰度图像。其中，灰度小（暗）的区域为黑色的硅胶背景---未咬的部分，灰度大（亮）的区域为完全咬穿（穿透型接触点）及半咬穿（半穿透型接触点）处。窗口中像点灰度的分布是计算𬌗接触点数目和面积的基础条件。图像的处理包括阈值化、去噪声及平滑处理。阈值化处理是指将原始的多灰度图像阈值化为黑胶背景、半咬穿点、完全咬穿点三值图像。阈值化的关键在于理想的图形输入以及两个适当的灰度阈值的选取。可通过改善工作台照明光线以提高输入图像的质量，及人机交互设定最佳阈值来获得良好的阈值化图像。另外，由于不能完全排除被摄物上的漫光反射及其它光电干扰，以及三值图像上存在的一些小噪声亮点及狭缝、针孔，所以在计算之前应通过图像学的扩大和腐蚀运算，进行图像的去噪声、平滑处理，滤掉噪声点，得到平滑的图像。

（3）图像分析：包括对不同性质𬌗接触点数目、面积的计算，以及𬌗接触点位置、类型的分析。𬌗接触点数目和面积的计算通过逐行扫描整个窗口，累加各连通白区的面积，通过比例尺换算成平方毫米，可获得穿透型、未穿透型𬌗接触点的数目和面积。拍摄石膏模型硅橡胶𬌗记录的𬌗表面图像获得𬌗接触点的记录，在模型不动的情况下移去硅橡胶𬌗记录获得石膏牙𬌗表面图像，经伪彩色处理及两图像的重叠即可获得记录𬌗接触点位置和类型的图像，石膏牙𬌗表面上显现出的不同颜色代表了穿透型和未穿透型接触点，最后通过人机对话得出𬌗接触点的位置和类型。

（4）𬌗接触点的统计处理：包括对单个牙的统计、成组牙的统计及统计学处理。

4．系统功能特点　系统的主要功能特点是可对咬合接触进行精确、可重复的定性与定量分析。可对每一个𬌗接触点、每一个牙、每组牙乃至全牙弓的𬌗接触点进行定性定量分析。系统通过计算𬌗

接触点像点总数进行定量分析；通过图像阈值化对不同性质的𬌗接触点分别进行计算和分析；通过二次图像的重叠，结合人机交互对𬌗接触点位置和类型进行分析；采用去噪声、平滑手段进行图像处理，去除光、声干扰以保证图像的精确性。另外，系统操作简单，图像视觉效果良好；可永久保存资料，有关信息资料可反复调用，有利于进行纵、横向观察研究；系统有丰富的统计学功能，有利于对样本多、数据量大的资料进行统计分析。

5. 应用价值　作为一种新的咬合研究方法，计算机图像分析系统可广泛应用于𬌗学、牙体牙周病学、口腔修复学、牙正畸学，以及正颌外科学、颞下颌关节病的基础研究和临床检查。但是，目前的计算机图像分析系统仅能检查固定颌位的牙咬合接触关系，还不能对动态咬合接触进行研究，而且其结果的准确性还会受到咬合记录准确性及患者合作情况等因素的影响。

二、计算机伪彩色图像处理

（一）概况

X线影像是医学上主要的辅助诊断手段之一，但X线提供的是灰度图像，所提供的信息较难为人的肉眼所识别，特别是软组织的X线影像或组织结构重叠较多的硬组织影像。利用计算机伪彩色图像处理技术则可将X线灰度图像转换为人眼易于识别的彩色图像，如此则便于人眼更好、更准确、更多地识别和获得X线所反映的医疗信息，有助于提高X线检查的诊断价值。

（二）原理

人眼对灰度的变化不敏感而对颜色的变化则非常敏感。人眼仅能分辨20余种不同的灰度级差别，却可辨别几千种不同色度和亮度的彩色。普通X线片经过量化处理后的图像可达到256个灰度级，因此其提供的信息量远远大于人眼能直接识别的信息量。通过计算机图像处理技术将不同灰度级的图像用不同的颜色来表示，即以相同密度灰度值为一种色彩而形成易于辨识的彩色图像。

（三）方法

1. 图像输入与转换　用摄像机将X片图像摄取并经图像转换处理成512×512像素的数字图像，每个像素用256个灰度值表示。图像放大：将图像放大并移动到屏幕上适合的位置。

2. 灰度值直方图统计　通过计算机统计表显示灰度值的直方图结果，可见灰度值分布情况，便于用不同方法修正直方图，达到增强图像的目的。

3. 图像增强　用不同的曲线作为输入输出对照表进行图像的反差增强，对照表的设置、修改可在屏幕上边观察、边进行。常用方法为直方图均衡、灰度线性扩展、灰度分段线性扩展、对数变换、指数变换等。滤波增强：选用不同的卷积核使感兴趣的目标边界在不同方向增强，可连续变化，边观察边修改。

4. 伪彩色等密度分割　以变换红、绿、蓝三个伪彩色函数对照表调节色彩，直到调出满意的伪彩色图像。标注：对处理后的伪彩色图像可进行各种标注，如片号、日期等，或勾画出观察判断的结果。

5. 图像输出　在屏幕上获得满意伪彩色图像后，可用图像拷贝机输出照片或幻灯片。

（四）应用

X线摄片检查仍然是口腔医学临床中应用于疾病诊断的最主要辅助诊断方法。但由于口腔颌面部结构复杂，X线影像所示颅颌面结构常常重叠，而且所有X线片均是通过辨识灰度的变化来确定其所示的正常解剖结构及判断异常的X线影像来作出辅助诊断的，而人肉眼对灰度的辨识能力非常有限，因此利用计算机图像处理技术、计算机的高速计算能力来辅助X线诊断，对提高X线诊断的准确率、扩大X线影像学的诊断范围及潜能具有特别重要的意义。计算机伪彩色图像处理技术是较早应用于口腔医学领域进行口腔颌面部疾病X线辅助诊断的技术之一。在口腔放射学领域应用计算机图像处理系统的伪彩色图像处理技术对颌骨囊肿、颌骨良恶性肿瘤及涎腺肿瘤的X线片进行灰度增强及伪彩色处理，使模糊的图像变清晰，单一的黑白影像变成易于辨识的彩色图像，从而提高人眼对图像中不同信息的识别能力，显著提高X线检查的诊断价值。对颌骨囊肿，经处理变换成的伪彩色图像所示囊腔轮廓比黑白X线片更清晰，变薄的骨皮质也可因颜色差异而清楚显示，囊腔内的密度色调均匀，与重叠的软腭、咽腔、舌根部软组织层次分明，易于辨识。对颌骨囊性肿瘤，因肿瘤内的实质性软组织与囊肿内的囊液同属软性密度，其灰度质差异很小，在X线片上肉眼难于辨识。而经

伪彩色图像处理后，不仅能将肿瘤的边界清楚显示，而且能将肿块内不均匀的软性密度用不同色彩显示出来，因而有助于与颌骨囊肿相鉴别。对于上颌骨的软组织肿块，X线片根本无法显示其边界，经处理成伪彩色图像后则可通过颜色的不同或色彩浓淡的不同而分辨出来。对颌骨恶性肿瘤，尤其是仅有轻度骨质破坏的早期病变黑白X线片难于显示，但经伪彩色图像处理后则可清晰显示出不整齐的骨质破坏边界，同时也特别有利于观察软组织肿块的大小和深部的周界。对腮腺肿瘤，伪彩色图像可使腮腺造影的充盈缺损区及导管系统非常清楚地显示，因而即使在2mm以下，腮腺造影X线片无法确定有无占位病变的肿瘤也可显示出来。

三、计算机辅助三维重建

（一）计算机辅助颅颌面三维重建概述

计算机辅助颅颌面形态三维重建：Vannier、Marsh等首先应用计算机图形技术于颅面形态的三维重建，并逐步应用于头颈部的解剖形态、颅面畸形、创伤、肿瘤及颞下颌关节三维形态的研究。Guyuron、Moss、Cutting、Grayson等先后应用计算机图形技术进行模拟手术。Moss等利用CT及激光扫描获得颅面的软硬组织平面图像，通过计算机处理分析，并进行三维重建，不仅可获得颅颌面骨的三维图像，还可形成逼真的患者面容三维图像。在计算机三维模型上可进行模拟手术。在模拟手术过程中，如果术者需要对某一区域的骨结构进一步检查，可从颅骨该区域所在平面形成断层，使内部骨结构展示出来，这尤其适用于形态和结构不正常的区域。另外，在模拟手术过程中，系统能给予术者一个可显示最大手术涉及面积的颅骨图像，可在特殊患者的特别部位标志出要修改的地方，并可在另一平面上显示出来。通过移动要修改的部位，使其达到适当的位置后，系统可给出三维空间不同平面上骨块的移动量。在获得硬组织模拟的术后图像后，系统能自动将软组织图像依照规律移动、得出术后的三维模拟图像。

（二）CT三维重建技术

1. 概况　初期CT不具备三维重建功能，利用计算机图形技术进行颅颌面形态三维重建的方法是利用CT获得颅颌面骨性结构的二维平面图像，或用激光扫描系统获得颅颌面部软组织的二维小平面图像，将一定数量不同断面的CT图像或软组织小平面图像信息输入计算机，通过计算机软件系统处理分析，从三维角度重建颅颌面的三维软硬组织形态，并通过网格或影像形式显示于计算机屏幕上，或用透明算法将软组织下的骨性结构显示出来，通过旋转和剖面显示可观察所需的任何部位。而目前的CT已将三维重建功能整合其中，随时可根据需要进行颅颌面形态的三维重建。

2. 二维CT三维重建技术

（1）概况：常规CT获得的是组织器官结构的断层二维图像，它虽然避免了常规X线片组织结构重叠的缺点，但它只能显示某一特定区域的断层解剖信息，仍需要用人脑从一层一层的连续的二维图像中分析三维解剖结构及其空间关系。计算机图形图像处理技术的发展成熟，利用计算机对二维的CT图像进行三维重建从而显示三维立体的解剖结构关系已成为现实。人体组织器官及病变都是三维的，计算机辅助二维CT图像三维重建技术可从三维任意方向来观察人体器官或其病变，从而使其三维信息的判读变得非常容易；可以自由地移去影像中的某些成分，从而使被遮盖的部分显现出来；可以比较全面地了解病变与周围结构的空间关系，有助于医生做出诊断和制定适合的治疗方案。CT二维图像的三维重建需要一定硬件设备及软件支撑。早在70年代CT扫描技术出现之后，Artzy和Liu（1979）就提出了利用CT资料进行三维影像重建的技术，但其发展受到计算机技术本身发展的影响。目前的三维图像重建显示系统大多是基于软件的，影像算法易于修改完善。从多个断层面恢复重建三维形状的方法有体元显示法和表面成型法。体元显示法能表现任意复杂形状的物体；表面成型法为面向表面型的表示法，该法很难由任意的平面作出断面。

（2）CT二维图像三维重建的基本设备与方法：CT扫描机，进行横断位扫描平面，层厚和层距分别取15mm和2mm，不重叠连续扫描，平均用20层，均取骨组织窗和软组织窗两种窗位水平进行观察。在获得CT断层片后，通过摄像机将CT断层片的二维图像输入到图像分析仪，利用图像板及特制软件进行处理，然后通过计算机将图像传送到工作站。在工作站上，利用工作站强大的图形图像处理功能和特制的软件进行图像三维重建及

显示。观察方式可采取在重建的三维图像上选择各种不同的剖面位置、方向、角度进行观察分析，并以体元显示法和表面成型法进行图像处理，以了解有关病变的范围及其与周围组织结构的空间关系。

（3）颞颌关节CT图像计算机三维重建技术：

①颞颌关节的CT扫描：选择带有下颌骨的完整颅骨3具，以蜡和胶布将下颌髁状突固定于关节凹内，用Tomoscan 350型CT扫描机分别对每侧颞颌关节行矢状位、冠状位、横断位的扫描。矢状位扫描时将颅骨固定在矢状面模中，使关节轴线正对扫描平面；冠状位时使颅骨直立面模中；横断位使颅骨仰卧于面模中，不同的位置均应使关节轴线相对于扫描平面。扫描条件为120kV，480mA，角度20°，扫描时间2.8秒，层厚1.5mm。通过监视图像观察扫描的位置和层面，每个位置共扫描12层，同时摄制CT影像片。

②三维成像工作站及相关设备：SUN SPARC1＋工作站及配有PIP1024B图像板的286微机，两者之间连网通讯。摄像机将CT图像摄取并输入微机。软件包括应用于286微机上的3DIN三维图像输入软件及用于SUN工作站上的SUNVISION。SUNVISION具有体元显示、表面成型和图像处理等功能。

③三维重建步骤：将颞颌关节矢状位、冠状位、横断位的CT影像片分别用摄像机摄取并输入计算机。为构造出准确空间位置关系的三维图像，在各层之间进行配准，即在每层CT片上选择三个相同的标志点，按CT图像摄制顺序依此定点输入。对配准后的层面图像进行总体重建，分别对矢状位、冠状位、横断位的CT影像用SUNVISION系统进行三维体元显示，获得三个位的三维总体重建图像；在总体重建后的图像上进行分层切取，包括矢状位输入切取横断和冠状位、冠状位输入切取矢状和横断位、横断位切取矢状和冠状位片。同时拍摄各类照片。对配准后的层面图像进行最大值法显示，沿着视线搜寻层面图像的最大灰度值，显示不同方位CT扫描片重建后三维透视图像。分别对矢状位、冠状位、横断位的CT片配准后的层面图像利用鼠标勾画轮廓线，区域填充后再行后续处理。矢状位主要勾画范围为矢状位片上的髁状突的形态及关节间隙、关节凹、关节结节的轮廓线。冠状位主要为髁状突、关节间隙及其内外结构。横断位则为逐层划取髁突至髁颈部的轮廓线和周围的间隙及其周围组织的轮廓线。后续处理包括在计算机上对TMJ进行赋色，其中髁状突赋红色、关节间隙为绿色、关节凹为黄色。在成像后关节立体结构图像上观察三者的关系，并在计算机屏幕上将TMJ重建后不同部位、不同角度的图像摄制照片记录。

④TMJ总体重建：是指对TMJ CT片的扫描区域物体的重建。仅显示该区域的表面影像，只能看到TMJ周围表面的结构。切面：在TMJ三维重建后通过不同的切面获得TMJ不同部位、不同层面的信息。在横断位的三维成像上切取出矢状位、冠状位的图像，可清楚地显示出髁状突前后径、关节凹、关节结节及关节前、上、后间隙，在切取的冠状位图像上显示髁状突内外径及内、外、上间隙的变化。在冠状位的三维成像图像上可切取出TMJ横断、矢状位的图像，在矢状位的三维成像图像上可显示TMJ冠状位及横断位的影像。而且在任何一位均可逐层进行切取，观察不同层面关节结构的变化。该法可从一种二维图像重建后观察到另一种二维结构图像。可通过计算机直接定点测量到重建后各位、各层面的TMJ组织结构的变化，同时获得多方面的信息。最大值法：显示为总体重建图像的透视图，由于受面部众多组织结构的影响，TMJ内部结构显示受阻较多，不能满意地显示TMJ的内部结构。划线赋色：划线赋色所显示的图像可立体地显示TMJ的三维空间关系，可在屏幕上旋转360度从各个角度观察TMJ髁状突、关节凹、关节间隙三者的立体关系。该法以矢状位三维重建的效果较冠状位、横断位的重建效果为好。

3．螺旋CT扫描三维重建成像技术

（1）概况：螺旋CT扫描三维重建成像技术是20世纪80年代发展起来的一门新的放射学技术。它是通过螺旋CT扫描获得图像后直接利用系统的三维成像处理软件进行三维成像重建。螺旋CT扫描时间短，约需10～20秒钟，信息丢失少，成像重建可根据其需要作切割、旋转、上下、左右前后全方位显示；重建时间因成像量不同而可长可短，一般约需20分钟。三维CT成像提供的是人们熟悉的立体图像方式显示组织器官的解剖结构，它不同于普通X线片显示的是组织器官结构重叠在一

起的复合影，也不同于二维 CT 所放映的仅是某一个层面的信息。其次，三维 CT 重建成像能够显示正常的组织器官结构的解剖状况，立体感强，界限清，可积累资料为诊断及治疗前后对比提供数据。再次，螺旋 CT 扫描三维重建成像明显优于普通 CT 扫描，在于扫描时间短，提高了时间分辨率；信息丢失少；重建层厚可任意选择，薄层重建图像逼真；患者接受的 X 线照射剂量少。最后，三维 CT 简化了人的大脑思维综合过程，提高了人对常规 CT 的认识能力，减轻了医生的脑力劳动，并提高了信息认识的准确性。

(2) 三维 CT 扫描在下颌前突矫治术中的应用：

下颌前突是常见的牙颌畸形疾病之一，其特征是颌面部畸形和咬合关系紊乱，患者除面形不良外，还可能产生语言及咀嚼功能障碍。利用普通 X 线片或二维 CT 检查下颌骨矫治手术后的变化，常因二维图像显示不清，影响结果的对比分析。利用三维 CT 重建成像技术则可提供立体感强、界线清晰的三维立体图像，有利于手术前后的对比和治疗效果的评估。

设备与方法：西门子 Somatom Plus-S 型 CT 扫描机及三维成像处理软件，全部使用螺旋扫描，扫描时患者制动，通过定位片确定扫描范围包括全部下颌骨；选用适合的螺旋扫描参数及螺旋层厚；扫描时除去可能产生伪影像的异物如金属假牙等；选择重建时需要观测下颌骨组织的阈值；根据观测需要可使用切割层面和兴趣区的选择技术来显示组织内部和内侧的结构。

结果：对下颌升支矢状劈开术后下颌的后退情况，三维 CT 图像不仅可以见到下颌升支矢状劈开术后的情况，而且可以看出下颌后退的程度，骨组织创面之间的关系，创面重叠的多少及与预后之间的关系预测。而这些均是在普通 X 线片上不可能显示的。即使是用 CT 片对每个层面进行叠加，也难以思维综合出其立体形态。三维 CT 虽然不能改变下颌前突的治疗方式，但它对资料积累及治疗效果的比较有极其重要的作用。另外，下颌 CT 三维重建成像还提示在下颌骨劈开后行骨间结扎固定在保证正常咬合关系的前提下是比较困难的，有的患者升支部几乎完全错开。同时也说明颌间结扎弹性牵引是下颌升支矢状劈开后恢复正常颌关系的一个行之有效的简便手段。

四、计算机辅助三维数据模型

(一) 人类恒牙的计算机三维建模

1. 概况　在口腔医学领域，每个牙均具有不同的解剖形态特征和位置关系，临床上常以单个牙作为独立的基本单位进行牙髓、牙周、正畸、修复及拔除等治疗，因此要建立牙齿-牙列的数据模型，有必要为每颗牙齿建立一个独立的数据模型供教学应用。为清晰表达每颗牙齿的形态特征，需对其按最佳方向断层建模，将全部恒牙从牙列中分解开，分别包埋并用磨床逐层磨除，显现磨面上牙齿轮廓的方法取得原始图像资料，通过计算机图像处理技术建立形态、色泽逼真的数据牙模型。

2. 建模前准备

(1) 颅骨模型选择：选择牙列完整，牙弓形态基本对称、正常，殆关系正常及殆面轻度磨耗的男性年轻颅骨标本一具。

(2) 牙齿断层磨面图像的采集：牙齿包埋：为每一牙齿制作一个圆筒状包埋卡具，每颗牙齿从根尖孔高压注入酚醛树脂标示髓腔根管边界，将加碳黑的环氧树脂从卡具封闭端的小孔中注入，待其硬固。用数控磨床将包埋成整体的卡具和牙齿以 200μm 的层厚磨除，显现牙齿硬组织的唇颊-舌向断面（白色）、牙髓腔根管的唇颊-舌向断面（黑色）、两根标志杆的圆形断面（银白色）。之后用相机逐一拍摄每一磨面，获得 1363 张清晰的黑白胶片图像。用胶片扫描仪将胶片图像逐一扫描输入计算机，并为每一帧图像建立一数据文件。

3. 牙齿三维数据模型的建立步骤

(1) 图像数据的转换：将扫描仪专用的图像数据储存格式转换成 Windows 标准 bmp 图像格式，以便识别处理。

(2) 图像识别前预处理：由口腔医学专家用不同颜色的点分别勾画每一磨面上显示的牙体外轮廓、内（髓腔）轮廓及定位标志点，以便于模式识别程序识别并将牙齿的内、外轮廓分别定义为数学矢量圈。

(3) 三维重建：通过矢量叠加算法实现三维重建。叠加的层厚即为磨除的层厚（200μm），叠加时利用标志杆对层间位置和缩放比例进行校对和标准化。经过标准化的矢量坐标进行叠加后即构成完

整的三维牙网格模型。

(4) 真实感三维牙齿模型：设置牙齿模拟材料数据及至少一个光源的位置和属性后即可在屏幕上显示有真实感的三维牙齿。

4. 牙齿三维数据模型建立环境 Pentium 150以上计算机及Windows NT平台，Open GL软件包提供的各种三维立体图形显示灯光，材料模拟以及各种几何变形、识别、剪裁等功能。

5. 应用 建立的牙齿-牙列三维数据模型在口腔医学领域具有广泛的应用前景。可作为口腔解剖生理学计算机可视化辅助教材，其提供的多视界多剖面图像、人机对话任意调用图像等手段是传统教学手段无法达到的。进一步配置所需硬件，还可建立虚拟现实环境，使学生利用计算机提供的立体视觉反馈机制训练牙体预备、开髓等基本功。另外，对口腔正畸、口腔修复等领域的生物力学研究也可提供牙齿牙列的形态学参数。

(二) 牙颌及修复体三维形态数字模型的建立

1. 概况 有限元分析法已广泛应用于牙颌及修复体的生物力学研究，牙体组织、牙槽骨、颌骨及各种修复体为形状复杂的不规则曲面构成，对其进行有限元分析必须建立能完整、准确描述这些结构的计算机数字模型。运用计算机图像分析系统处理牙颌及修复体标本的切片或CT断层图像，将待分析的三维结构在断面上的形态转换为图形，用图形数据后处理软件进行定标运算、坐标修正、平滑去噪声及有限元分析格式软件格式转换，从而建立用于有限元分析的牙、牙颌及修复体的三维形态数字模型。

2. 建模方法

(1) 断层图像采样与前处理：将牙、颌及修复体等结构根据需要取其整体或部分做磨片、切片或CT断层图像，经计算机图像分析系统的摄像头逐幅拍摄。将拍摄的图像经图像板中的数字化器进行高速采样和模/数转换存入储存器并于屏幕实时显示。利用图像分析系统的各项功能对原始图像进行必要的处理如平滑去噪声、边界增强等，以增强图像的可识别性和可分析性。

(2) 目标编辑与分割：待分析的三维结构在当前断层上的形状与尺寸（简称目标）包含在储存于图像板位平面上的整个断层图像信息之中。利用图像分析系统的各种编辑与强化功能，将目标与其余结构和背景分离。选择适当的阈值将图像二值化，使目标用二值灰度之一表示，图像的其余部分用另一灰度值表示。

(3) 数据图形化处理：经上述处理的目标的表现形式仍然是平面上的图像数据，不能被面向图形的有限元分析方法和软件所解释和利用。通过设计的图像轮廓分析模块，分析、提取目标的形状，转化为沿构成目标形状的封闭曲线按逆时针方向排列的离散点坐标序列，并转储为磁盘文件。

(4) 图形数据化后处理：图形化处理得到目标的原始图形数据。常因拍摄条件的波动、图像处理过程中可能引入高频噪声及数据格式差异等原因，必须将原始数据加以转换和处理，消除误差，使之能准确反映被分析三维实体并具有符合有限元分析要求的数据格式。据此设计数据后处理程序，将目标的原始图形数据读入进行数据后处理。

(5) 有限元节点划分与网格坐标生成：设计交互式节点划分与自动网格坐标生成功能，在图形屏幕上通过交互式操作直观地建立用于节点划分的网格，调整其疏密程度并观察划分结果，直到获得有效的满意结果，最后将运算结果转换为三维有限元分析软件支持的数据格式储存。

3. 环境 MIAS-300微机图像分析系统及其软件包，采用Microsoft C 5.0设计图像轮廓分析模块，数据处理系统主机为PC 486 DX2/50，数据后处理软件由Microsoft Quick BASIC 4.5编制。

4. 应用 牙颌及修复体三维形态计算机数字模型建立系统生成的三维数字模型实现了与大型计算机三维有限元分析软件的无缝连接。利用该建模方法已建立了下颌后牙单端固定桥基牙牙周膜的三维形态数字模型；下颌骨与下颌体三维有限元模型；全下颌种植固定义齿及全下颌改良式种植覆盖义齿的三维有限元模型。这些数据模型的建立有助于推动有限元方法在口腔生物力学领域的深入应用。

五、计算机辅助测量

(一) 计算机辅助X线头影测量系统

1. 概况 X线头影测量分析技术是口腔正畸学、正颌外科学领域常用的分析诊断牙颌面畸形的重要工具和常规手段。最早是采用手工描绘头影图并进行手工测量分析。随着计算机技术的引入及其

功能限制，初期仍采用手工定位与计算机辅助测量分析，准确性受到一定限制。目前，自动化的X线头影计算机辅助测量分析系统的建立，使测量分析过程更加快捷，结果更加准确可靠。临床应用的计算机辅助X线头影测量系统可分为人机交互式和自动式系统两种。

2. 系统的基本组成及系统流程 系统基本组成部分包括X线头影图像获取系统、图像处理系统及结果输出系统组成。其中，图像获取系统包括X线片、X片读片灯箱、摄像机（黑白或彩色）、彩色图像采集卡，或图形数字化仪；图像处理系统包括计算机及相关软件等；结果输出系统包括显示器、打印机等。系统流程如图18-2-1所示：

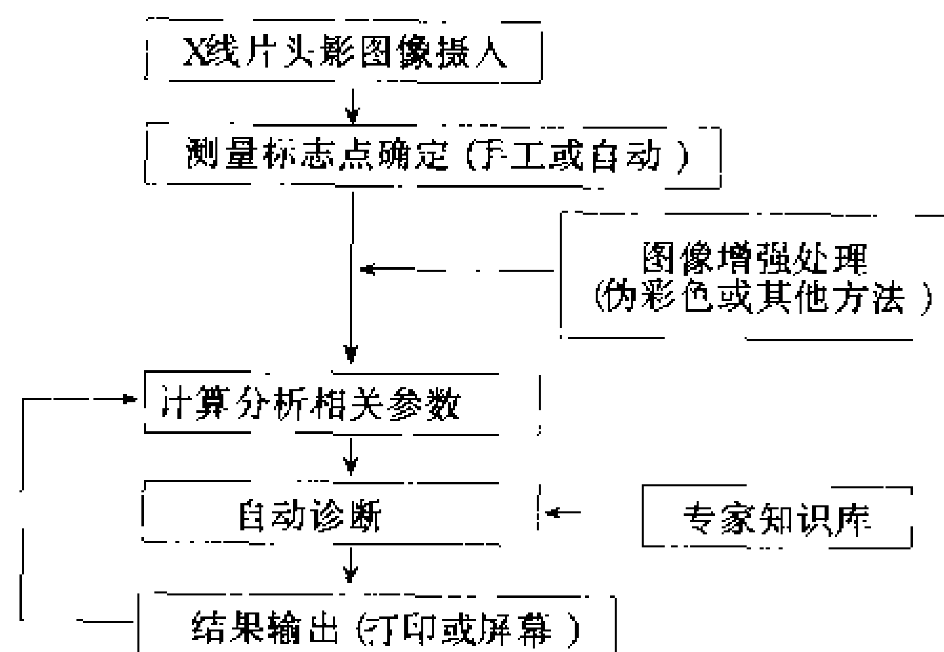


图18-2-1 计算机辅助X线头影测量系统流程框图

3. X线头影测量片计算机图像处理方法 对X线头影测量片利用计算机图像处理技术进行图像处理以改善图像的质量，使解剖结构清晰可辨，尤其是对软组织标志点的显示更为清晰，有利于对标志点的准确定位和识别。对图像的处理包括图像预处理、图像噪声去除、图像特征提取等。

①图像预处理：图像输入的质量决定最终获得的信息量，图像的灰度描述是图像感知的唯一信息，利用图像处理运算，可最大程度地获得图像信息。由于X线图像的灰度和实际情况不匹配，需要通过灰度矫正的方法进行处理。对曝光不足图像灰度变化很小的图像，可行灰度变换增加图像全部或局部的反差，使原来反差很小的图像灰度层次变得丰富，达到图像增强的目的。另外，图像的增强也可通过伪彩色技术实现。

②图像噪声的去除：采用低通滤波方法、取阈值的邻域平均法和保留边缘的空域平滑技术，最大限度地保留边缘信息，去除图像噪声。

③图像特征提取处理：将具有所需特征并经过运算的图像，以目标特征（如点、线等）为基准，进行归类、化简、识别及聚类，建立相应的特征描述。图像特征提取包括图像边缘的自动提取和测量标志点的提取。

④图像边缘自动提取：由于颌面部软组织灰度变化远少于硬组织在X线图像上灰度的变化，因此在行边缘检测时，需要进行多尺度的滤波通道分配，同时还要有空间的定向，最终得出一幅简洁的边缘素图。经过边缘检测所获得的图像边缘是具有一定宽度的像素点所构成的线条，必须做矢量化处理后才可获得平滑的线条，如同人手工描绘的头影图一样。

⑤测量标志点的提取：在X线头颅影像中，测量标志点的选择一般是位于易于辨认的解剖结构上。多数标志点与图像的边缘有关，或位于最凹点，或位于最凸点，或是几个解剖结构的交界点。因此只要能正确定位特征边缘并根据点的几何特征，即可确定特征点的位置。对于特殊的点，则需给出特别的数学描述方可定位。

4. X线头影测量片计算机伪彩色图像增强方法 X线片的伪彩色图像处理是一种通过将黑白X片伪彩色化，使在普通X片上难以辨认的组织结构标志（黑白灰度图像）为人的肉眼容易识别的彩色图像取代，使软、硬组织的灰度图像变得十分容易分辨。对因投照条件影响而不清的软组织侧影轮廓或硬组织影像，图像伪彩色处理也可使其变得清晰易辨。伪彩色系统的色彩不是固定的，通过键盘控制可使图像有各种色彩的不断变化，从而使不同部位及不同组织的标志点能够在最清晰的色彩条件下被确定摄人，保证标志点的准确定位。

5. 常用标志点、测量项目及坐标系的建立 X线头影测量分析可有40余个标志点，近50个测量项目。其中最常用的标志点有S、A、B、Pg、Me、Go、Gs、Ns、Prn、Sn、U1、L1、Pgs、Mes、Si等；最常用的测量项目有SNA角、SNB角、ANB角、NAPg角、鼻唇角、颏唇沟角、N-Me、N-ANS、ANS-UIE、ANS-Me、UIE-Me、Gs-Mes、Gs-Sn、Sn-STS、Sn-EP、U1-EP、L1-EP等。在建立正确的标志点集合之后，进行坐标系的建立。在自动X线头影测量分析系统中，坐标系以N点为原点，SN平面逆时针旋转8度作为X坐标轴，通

过N点作X坐标轴的垂线为Y轴。建立坐标系后，系统自动将已定位的标志点进行校准、变换而获得各点的坐标值。

（二）计算机辅助单侧唇裂绘图、测量及评价系统

参见第四章第二节。

（魏世成 李万山）

第三章 计算机图形学与口腔医学

第一节 计算机图形学基础

一、计算机图形学的基本概念

（一）计算机图形学的基本含义

计算机图形学是使计算机生成图形的理论、方法和技术，是借助计算机产生真实物体或想象物体图形的综合技术。计算机辅助造型和画面绘制是其重要组成部分。其关键技术主要有造型技术、人机交互技术、彩色生成和处理、真实感图形生成技术、动画绘制、科学可视化等。其代表性应用领域主要为计算可视化、动画设计、计算机辅助设计与制造、过程控制、电子出版及艺术制作，以及与造型技术、真实感图像生成、人机交互技术密切相关的虚拟现实技术等。

（二）计算机图形学的主要技术

1. 造型技术　要在屏幕上生成三维物体的一幅图像，首先必须在计算机中建立该物体的模型。造型技术既是指构造这一模型的技术。造型技术包括形体的表示、构造及运算。最常用的造型技术是几何造型。几何造型是由一批几何数据及数据之间的关系来表示所需要的形体。另外有基于物理的造型技术。

2. 真实感图形生成技术　真实感图形生成技术是指将三维物体的模型以二维图像的形式显示在屏幕上。包括消隐技术、纹理生成技术等。

3. 人机交互技术　人机交互技术为三维物体的造型过程、真实感图形生成过程提供操作简便易用的人机界面。包括图元（构成图形的基本元素称图元）及造型方法的交互选择，形体、模型的交互操作，观察点、观察方向的交互设置，光照模型参数的交互选取，色彩的交互设定等。

二、计算机图形学的主要应用领域

计算机图形学的主要应用领域包括计算机绘图及设计、科学计算可视化、计算机过程控制与仿真、计算机动画、虚拟现实等。

三、虚拟现实

（一）虚拟现实的基本含义

虚拟现实（virtual reality，VR）是一种三维交互式境界，也可称为三维的交互式游乐场。虚拟现实技术是由计算机图形技术、计算机仿真技术、传感技术及显示技术等多种技术相互结合发展起来的一门崭新的计算机信息技术。它是20世纪90年代计算机领域的最新技术之一。虚拟现实技术利用计算机及相关的技术建立人工的媒体空间，这种虚拟的媒体空间虽然是虚拟的，但它是一种具有视、听、触、嗅、味等多种感知能力，并能够与人进行实时交互的人工环境。其独特之处在于能使人产生身临其境的感觉。因此，由虚拟现实技术产生的虚拟人工环境既可是真实世界的模拟体现，也可是假想中的非真实世界。

（二）虚拟现实技术要点及基本特征

虚拟现实的主要技术要点为实时三维图形生成技术、多传感器交互技术及高分辨率显示技术。一个真正的虚拟现实系统必须具有两个基本要素，其一是能给用户第一人称的感觉，并有实时随时活动的自由；其二是能够实时操纵和（或）改变该虚拟境界。虚拟现实系统具有的沉浸-交互-构想（Immersion-Interaction-Imagination）特点使其具有下述基本特征。

多感知性：VR系统具有感知视、听、触、嗅、味等多种感知能力。

沉浸感：系统操作者会暂时与外部环境脱离而融合于虚拟的世界中。

交互性：操作者可通过三维交互设备如数据手套从内到外，或从外到内与VR系统进行实时交互如感觉反馈。例如VR技术进行虚拟的外科手术时，当用虚拟的手术刀切开皮肤、肌肉组织时，操作者会产生触觉和组织反馈的力感，当切开带有血管的组织时会看到血液的渗出或

流出。

自主性：VR系统中的个体可按照各种模型及其规律自主运动。

（三）虚拟现实系统的组成

虚拟现实系统由计算机、数据手套等虚拟现实硬件和虚拟现实软件程序组成。

1. 虚拟现实硬件

（1）计算机：运算速度快、图形处理能力强的计算机是支持VR系统的硬件基础。高性能的计算机有助于实时处理各种复杂的图像，缩短操作者的视觉延迟。早期的研究需用三维图形工作站，目前高性能的多媒体PC机也可用于VR系统的开发。

（2）头盔式立体显示器：头盔式立体显示器能提供一种利用视觉和听觉观察虚拟世界的手段，通过它可听到和看到由计算机系统等所制造渲染的虚拟人工世界。头盔式立体显示器体积较大、较重，目前已有一种较小、较轻的虚拟视网仪，它可安装在眼镜上，可直接在视网膜上形成三维图像。

（3）数据手套及数据服：是虚拟现实领域主要的人机交互工具之一。数据手套可接受触觉和力感。其触觉反馈装置可感觉纹理、质地等，力量反馈装置可提供虚拟物体对人体的反作用力或虚拟物体之间的吸引力和排斥力等各种力的信号。目前的数据手套在准确性及和谐性方面同人手相比仍存在很大差距。数据服则附有各种传感器，它可跟踪操作者全身各肢体的位置变化。

（4）其它外围设备：虚拟现实系统尚需的外设有音响输出及定位装置、三维鼠标、游戏杆等。

2. 虚拟现实软件及开发工具　虚拟现实系统程序编制软件环境及开发工具包括Autodesk公司的AutoCAD、3D Studio及Cyberspace Development kit，Sense8公司的Word Tool kit，英国Superscape公司的Superscape VRT及Division公司的Provison等。

（四）虚拟现实的医学意义

虚拟现实技术在国防、工业、宇航、娱乐等领域已获得成功应用。在医学领域，医学虚拟现实系统的开发与应用也显示出虚拟现实技术在医学及其教学、科研等领域均具有极其重要的意义。

美国斯坦福大学和麻省理工学院的计算机专家和外科医生利用VR技术建立了一个能从任意角度观察的人腿三维模型。该虚拟的人腿由肌肉、骨、神经、血管及关节等组织器官构成。医生或学生可进入这种虚拟的三维空间，利用虚拟人腿仔细观察其血管、神经、肌肉等组织器官在动、静态时的状态，并可模拟骨癌、动静脉血管扩张症等病变，观察病变变化过程及组织破坏情况。

Marshall大学医学院建立并在Internet上提供了一个交互式患者作为继续教育的工具。允许学生或医生通过Internet对该虚拟患者进行检查以提高在诊断及治疗等方面的技术。学生或医生可同该虚拟患者交往进行病史采集、进行体格检查，预定实验室检验项目，查看实验室检验结果、进行X线摄影检查等，最后根据获得的信息进行诊断及制定治疗计划，并通过Email提交供分析和评价。

在医学教学、动物实验及外科手术培训等方面，人体实验标本逐渐减少及动物受到保护等因素，建立虚拟的人体可供医学教学、动物实验等应用。

第二节　计算机绘图技术口腔医学应用

计算机辅助单侧唇裂绘图、测量及评价系统

（一）概况

对唇裂畸形进行准确的测量分析是正确认识唇裂畸形特征、选择和设计手术方法、评判手术效果的基础。传统的测量分析方法是在活体、照片或石膏模型上用直尺、两脚规等进行，过程繁杂费时，测量项目及标准不统一，结果无可比性。计算机图形图像处理技术的引入，使唇裂测量分析评价过程变得快速简便、误差缩小而准确性提高。

（二）系统组成

系统支称硬件主要有计算机、图形数字化仪及绘图仪，软件由Turbo PASCAL语言编写。系统

主要由数据系统、自动绘图系统等组成。

(三) 系统原理与方法

拍摄唇裂患者的黑白照片，将照片平放固定在图形数字化仪平板上，利用其自身的平面直角坐标系对每一个患者建立一个自身的用户坐标系。选择面部较为恒定的两眼内眦间连线作为X轴，连线中点的垂线作为Y轴。输入图形时，首先由计算机提示输入两眼的坐标，如此固定照片上各绘图、测量点的相对位置。这对比较同一患者术前、术中、术后图形时，将X、Y轴重叠，便可形象直观地反映出各解剖结构的变化情况。坐标系设立后，在照片各线段上标出各个标志点，按编号顺序将标志点逐一采人，以X、Y坐标的形式于屏幕显示并储存。自动绘图系统：将数据系统产生的数据信息以图形形式输出，绘出不同的颜色和层次。采用三次样条方程，编制拟合唇裂特有曲线的方程，能准确地通过每一绘图点，从而真实再现唇裂鼻、唇外形各解剖结构的移位和组织缺损。图形可于屏幕显示、绘图仪绘制或打印机打印输出。录入系统：录入包括术前绘图点、术前测量点和评价点、术前主观评价、术中绘图点、术中测量点、术后绘图点、术后测量和评价点、术后主观评价和功能评价。其中，绘图点及测量点既分别编号和输入，又互有交叉。绘图时，选用48～61个标志点，每条曲线的标志点总数固定，但每条曲线上的各点又可根据曲线的变化情况灵活掌握，原则是曲线的两端点各定一点，曲线的明显转折处适当增加采点，而平滑处则可少采点，各解剖标志点需增加采点以保证曲线拟合的准确性。各条曲线的定点和采点顺序遵循从上到下、从左至右的原则进行。每条曲线采点完毕即可拟合出曲线于屏幕显示，若发现问题只需将游标置于内眦连线上方即可消除。全部图形拟合后，由计算机通过人机对话方式提问。测量点输入时，为保证计算结果的准确性，对每点均可删除和重新输入。对唇裂术前术后鼻、唇部形态改变的测量分析，术前选取10项测量分析项目，术后选9项，其中反映上唇形态的7项、鼻部形态的3项；在评价中共选11项，并对相关性较强的项目进行加全平均。所有术前、后的测量值、评价值均为自身对照的比值，尽可能地反映个体的自身特点和便于不同个体间的比较。

第三节 虚拟现实技术口腔医学应用

一、概 况

VR技术在口腔医学领域的应用，尤其对口腔医学教育具有极其重要的意义。有关应用研究尚处试验阶段。日本京都大学（1996）首先建立了一个用于学生牙体制备训练的VR系统，该系统利用头盔式立体显示器（HMD）、三维鼠标及操纵杆进行牙体制备，并能仿真牙体制备过程中的一些突发事件。在1997年10月于日本横滨召开的第六届国际口腔医学计算机学术会议上，展示了由以色列和美国合作开发的可供教学应用的虚拟现实系统Dentsim。该系统用监视器屏幕显示三维图形，在超声波定位器的坐标控制下，随手机在仿头模牙列预备牙体，并可与预存于计算机内的标准牙体预备洞形相比较，从而对学生的练习作出客观评价。

二、口腔种植虚拟现实系统

由瑞典Uppsala大学研究开发的口腔种植学虚拟现实系统是一个用于牙种植方案制定的计算机支持系统。在既往的口腔种植治疗中，由于缺乏三维立体的表达手段，口腔颌面部的三维形态常常用二维图形图像来表示。然而要根据二维图像来进行三维形态的重建，人大脑的能力是非常有限的。因此，允许用户在虚拟环境下重建三维形态并与之交互的计算机软件系统的开发研究成为口腔种植学的一个重要研究内容。通过体视镜技术和大屏幕显示可获得物体的三维印象。临床医生可进入虚拟的环境，牙种植的设计方案和植入方式可由医生选择，并显示于屏幕上。因此，一旦有错误发生，可及时发现并直接纠正。该系统可识别不正确的治疗，从患者的角度考虑种植的类型。

三、虚拟现实系统应用前景

如同虚拟现实技术在医学领域所显示出的广阔应用前景一样，虚拟现实技术在口腔医学领域也会得到重视和发展。尤其是在口腔医学教学方面，虚拟现实技术的广泛应用将改变传统的教学模式，促

进教学质量的提高。随着VR技术的发展及计算机性能的提高，VR技术将渗透到口腔医学教学的各个领域。可以展望在不久的将来，学生可站在多媒体计算机前，头戴HMD或三维眼镜，手握三维鼠标或操纵杆，或手戴一副能感受触觉、压力感觉的数据手套，在虚拟的口腔环境下漫游学习。在口腔外科领域可进行唇腭裂手术、口腔肿瘤手术及颌骨正畸等仿真外科手术的实习；在口腔修复学领域可进行仿真全口义齿制作，进行冠、桥等修复体的牙体制备；在口腔内科领域可进行牙体窝洞制作和充填；在正畸领域进行牙正畸操作等等。

（魏世成　石　冰）

第四章　数据库技术与口腔医学

第一节　数据库技术基础

一、数据库技术基本概念及特点

（一）数据库基本概念

1. 数据库　数据库是指按照特定的方法，以便于各种用户访问的方式存储的数据集合。

2. 数据模式　以不同的方式将数据组织存放于数据库中，这种组织数据的方式称为数据模式。常见的数据模式有层次（树型结构）、网状（网状结构）和关系（二维表）。采用不同的数据模式形成不同模型的数据库管理系统。关系模式型数据库管理系统是目前主要的数据库管理系统。

3. 数据库管理系统　数据库管理系统是一种负责数据库的定义、建立、操纵、管理和维护的软件系统。其任务是保证数据的安全可靠，提高数据库应用的简便性。它是物理数据库与系统的用户界面，是操作和管理数据库的工具。

4. 系统　系统是指人、机器（计算机）及各种方法构成的用于完成一组特定功能的集合体。

（二）数据库的特点

数据库系统之所以成为目前计算机应用系统的核心部分，以及各行各业现代管理信息系统的工具，在于数据库有以下特点：

1. 数据集成化　数据库中的模型是按一定的模型来组织与存放的，数据的这种集成化或结构化能反映数据之间的自然联系。数据的继承化是数据库与传统文件之间的一个重要本质区别，是实现对数据的集中控制和减少数据冗余的前提和保证。

2. 数据独立性　数据独立性是指数据与应用程序之间不存在相互依赖的关系。数据的独立性特点使数据库中数据的逻辑结构、存储结构和存取方法等不会因应用程序的修改而需要修改。

3. 数据共享性　数据库中的数据可供多个应用程序应用于不同的目的。每个应用程序各有其自己的局部数据逻辑结构　即使同一数据，在不同的应用程序中其用途也不一定相同。数据库的数据共享性特点使数据库中的数据不但可供现有的各个应用程序共享，还可于开发新的应用程序中实现新、旧应用程序的共享数据库中的数据。

4. 数据冗余度小　数据冗余是非数据库系统的一大弊端，大量数据冗余的结果是浪费存储空间，同时为了更新某些冗余的副本，保持数据的一致性，必须执行多次重复操作，从而增加不必要的机器开销；而且由于数据的不同副本可能处于不同的更新阶段，可能出现不一致的信息。数据库从整体观点组织和存储数据，其数据是集成化、结构化的，以及可为多个应用程序共享的，从而可大大减少数据的冗余。

5. 避免数据的不一致性　数据的不一致性主要是数据冗余引起的，数据库冗余度小的特点使其可在一定程度上避免数据的不一致性。即使存在某些冗余，数据库系统提供的各种控制和检查功能使数据更新时同时更新所有的副本，从而保证数据的一致性。

二、数据库系统及其医学意义

（一）数据库系统及其组成

数据库系统是实现有组织地、动态地储存大量关联数据，并方便多用户访问的，由计算机硬件、软件组成的系统。它包含了数据集合、硬件、软件和用户。其四个组成部分为：集成化、结构化的数据集合——数据库；支持存储和操纵的计算机系统；介于数据库和应用程序之间的数据库管理系统；提供用户使用的各种应用程序。

（二）数据库系统的医学意义

无论是在医学临床、科研、教学及其管理工作中，还是在医院的管理工作中均有大量的信息或数

据资料需要处理。利用数据库技术建立医学信息数据库则可以对医学数据资料进行有效的储存、检索、计算、分类、修改、复制等处理，并获得有用的信息，为医学临床、科研、教学及管理提供依据。例如，患者基本信息数据库系统无论在何时何地均可获得患者的年龄、血型、药物过敏情况等基本数据，并可在有新的数据或信息产生时随时随地输入，并由其他医务人员共享其信息资源。医学影像数据库则可为医务人员提供大量的影像学数据资料，并可作为临床决策制定与支持系统共享的影像学数据资料来源。

第二节 数据库技术口腔医学应用

一、数据库口腔医学应用概况

数据库技术在口腔医学领域应用研究早在20世纪80年代后期就成为口腔医学信息学的主要内容。美国牙医学学会信息技术委员会在1989年末和1990年初就将焦点集中于数据库技术的应用，确定的两个主要发展内容为药物信息及其相互作用的数据库，第二代临床数据库及电子牙科记录。尤其是在临床数据库的研究方面AADS成立了五个兴趣组，分别是临床数据库工作组，有近15个学校参加合作设计临床数据库系统；临床数据库指导委员会，负责协调所有的数据库项目；临床数据库组成和标准委员会，负责建立全国通用的数据库命名法；数据库质量保证委员会，负责第二代数据库质量问题；疾病分类学和分类法委员会，负责口腔疾病分类的设计、口腔医学术语和知识的组织。随着数据库技术的发展，数据库技术在口腔医学领域的应用已从单纯的利用数据库具有的储存和管理大量数据的功能建立口腔医学数据库，如口腔修复前外科数据库、单侧唇裂数据库等，发展到与专家系统技术、CAD/CAM技术、Internet技术等结合，并作为多种口腔医学计算机系统的核心组成部分。尤其是近年与Internet技术的结合建立的基于WWW的数据库更能充分体现数据库系统的共享性，已成为目前数据库技术应用的一个重要发展方向。

二、口腔医学数据库研究与应用

（一）口腔医学文献数据库

口腔医学文献资料是口腔医学信息的重要来源之一，全世界每年都有大量的口腔医学文献产生，形成口腔医学信息的海洋。要在大量的口腔医学文献资料中查阅获取有用的资料，传统的手工方法是难以想象的。计算机数据库技术的成熟及其应用，为口腔医学文献资料的有效储存和利用提供了可靠的技术支援和保证，使口腔医学工作者可以方便地获得最新可靠的口腔医学文献资料，供口腔医学研究、口腔医学临床等参考。

目前，已建立的可检索中文口腔医学文献的生物医学文献数据库主要为中国生物医学文献光盘数据库（CBM）及中文生物医学期刊目次数据库；可检索英文口腔医学文献的生物医学文献数据库主要有医学文献数据库MEDLINE、牙科文献数据库(dentists' silver plate)。其中，由美国国家医学图书馆编辑出版的MEDLINE是目前世界上最权威、收集文献最全面、开发最早、应用最多、最早提供联机检索方式的生物医学数据库。其收集的文献起自1964年，文献来源于世界各国3200余种核心医学、生物学期刊，文献以英文为主，以光盘及国际互联网提供脱机检索及联机检索。牙科文献数据库是MEDLINE光盘数据库的子集，全部收集口腔医学文献资料。上述数据库多以光盘为载体，提供计算机辅助脱机检索服务。其中，MEDLINE除提供光盘脱机检索外，还以Internet为载体提供国际互联网联机检索功能。

口腔医学文献数据库提供作者、题目、来源、文章摘要等内容，可通过关键词、作者姓名等检索。并可将检索获得的资料打印或拷贝输出。

在国际互联网技术相当发达的今天，任何人在任何时候、任何地方均可通过国际互联网络从MEDLINE数据库中检索所需的口腔医学文献资料。

（二）口腔修复前外科数据库

利用数据库技术将需要进行口腔修复前外科手术治疗的患者基本信息及临床数据等数据按关系型数据模式建立口腔修复前外科数据库系统。该系统应用菜单操作，用户界面良好，未经特殊计算机操

作训练的口腔临床工作者也能正确使用。该数据库系统可容纳30000个临床数据。该数据库系统除能对有关数据进行分析处理，为临床医生提供参考数据，进行临床评估及根据记录指导外科检查外，还可用于个体及群体调查、流行病学研究等。其主要功能包括通过患者的姓名或（和）住院号码检索查询患者的有关数据，并可对患者的数据进行编辑、增删、显示、打印等处理；当患者的数据输入计算机并存于数据库后，系统将对有关数据进行自动分类，并置于数据库中的正确位置，但只能接受在设计范围内或在数据库区域内的数码；通过患者的姓名及住院号码可查询临床初步结论及外科治疗意见，并通过屏幕或打印输出；有关检索咨询的结果均可屏幕或打印输出；整个数据库或其中的某一部分亦可屏幕或打印输出。另外，数据库系统还具有统计学功能，可进行统计学分析处理，输出数据记录的总数等。

（三）单侧唇裂数据库及其管理系统

先天性单侧唇裂是口腔医学领域最常见的先天性畸形疾病，在其治疗的临床、科研工作中均有大量的数据需要分析处理。单侧唇裂数据库及其管理系统是在PC机上，应用PASCAL语言及关系型数据库的数据模型，根据单侧唇裂的临床治疗特点而建立的。单侧唇裂数据库除可储存患者的姓名、病历号、年龄、性别、体重、畸形分类等一般信息资料外，还可储存患者术前、术中、术后鼻及唇部图形，测量数据、评价结果、手术有关情况、手术医生等信息。患者的病历号码是数据库中的唯一识别指征。数据库系统采用菜单操作，可通过选择不同的菜单项目进行病例数据资料的增加、删除、修改、检索等。通过输入患者的病历号码，可检索出患者的术前图形，术中图形，术后图形；术前测量数据；术前客观评价结果；术后测量数据，术后客观评价结果，术后主观评价结果，术后功能评价结果，术前、术中、术后图形的重叠情况等。还可选择相应的项目检索已存入数据库中的术前、术中、术后的图形，病例总数及病例分布情况等。该系统可以对单侧唇裂患者术前、术中及术后观察的测量数据来评价手术效果，可通过单项或多项检索寻找相似的具有可比性的病例。

三、数据库与口腔医学计算机系统

（一）牙科临床管理数据库系统

在美国、德国等发达国家，牙科临床管理数据库系统早已获得广泛应用。利用计算机牙科临床管理数据库系统储存和管理大量的日常牙科医疗数据或信息，可大大减轻牙科医生的工作负荷，使医生能以更轻松的心情迎接患者。早期的或第一代牙科临床管理数据库系统由文字处理、计算统计、表格程序及数据库管理模块等组成，其功能有限，只能进行简单的临床数据储存和管理，如账单和保险数据处理、临床资料的输入与储存、患者基本信息资料的处理、患者预约及复诊通知、计算分析临床增长趋势等。随着数据库技术及数字化技术的发展，牙科数据库记录的信息已从简单的文字、图形信息发展到对复杂、数据量巨大的动、静态图像信息资料的储存与管理，并与牙科电子病历记录系统、口腔临床信息管理系统，以及口腔医学决策支持和临床质量保证等计算机辅助口腔医学系统相结合。目前，具有牙医决策支持和临床质量保证功能的第二代牙医临床数据库系统以及电子病历记录系统已成为西方发达国家牙科医生诊室必不可少的工具。第二代牙医临床数据库系统除具有第一代系统的基本功能外，新增了计算机化病史采集、治疗计划制定功能，计算机化影像、计算机辅助咬合分析、牙科护理信息传递，以及非牙医学专业知识咨询如药物信息及交互作用咨询、心血管系统疾病咨询等功能。

（二）口腔门诊医疗信息管理系统

第四军医大学口腔医学院自1993年开始了研制口腔门诊医疗信息管理系统的尝试。其建立的系统可对口腔病历首页上的信息进行较全面的综合管理和统计分析，可实现对病种质量、疗程、疗效、费用及医生和科室治疗质量等多种管理，并可生成统计报表。

（三）基于Web的口腔医学数据库系统

1. 口腔病理学图像数据库　由美国爱荷华大学牙医学院建立。该数据库系统可帮助临床医生识别口腔颌面部病理图像。与教科书或参考资料等印刷资料相比，该在线病理图像数据库的显著优点是可以拥有大量的图像文件资料，而不像印刷品一样

可能会因经济或技术原因的限制须对临床图像文件进行缩减。数据库中储存有大约100个病损资料，每一个病变均有几幅临床图像，这对疾病的鉴别诊断具有特别的意义。病变按字母顺序排列，包括了所有重要的疾病。这些临床图像均附有简短的描述和病理组织图片。在网页中，图像以小图像形式编排，需要时通过点击小图像显示原始大小的图像。该数据库可帮助临床牙医或其他医生通过其它特征如病变大小、部位或触摸感检索图像。该数据库网址是 http：//www. uiowa. edu/～ oprm/AtlasHome. html。

2. DERWeb的图像数据库 DERWeb是由英国Sheffield大学信息科学系和修复牙医学系建立的牙医学教育资源网页，它收集了目前WWW上的牙医学教育资料。其核心是一个拥有超过1700幅图像的数据库，图像来源于颌面外科学、预防和修复牙医学、牙周病学、牙正畸学、放射学及感染控制等领域。这些图像可供教学及研究用。DERWeb允许通过FTP下载图像及直接连入图像目录。DERWeb的网址是 http：//www.derweb.ac.uk。

3. 数据库应用 在一般情况下，客户/服务器系统中的数据库由一台中央计算机控制，而客户计算机使用特殊的程序请求和储存数据。这些系统的不利之处在于必须在计算机上安装特殊的软件才能连入数据库。另外，数据库软件的安装通常较复杂。针对这个问题，利用基于Web的界面连入数据库是一个自然的解决方案。几乎所有的与Internet连接的计算机都安装有一个Web浏览器，用户通过Web服务器连入就可利用数据库。将数据库与WWW服务器整合相对较容易，因此使用数据库是很自然的。pharmacologic数据库系统是一个很好的例子。由Mosby-Year Book公司建立的GenRx数据库有硬拷贝和WWW两个版本，其Web版本可整合于内联网中。在购买许可证后可从公司的服务器上通过FTP下载该产品。该数据库容易安装，并拥有大约45000个药物治疗信息。由于WWW浏览器只是客户软件需要的，其安装、维护、更新不需要在每一台桌面计算机上完成。该数据库每季通过FTP更新，由系统管理者完成。与印刷版相比，其显著优点是具有使用超级连接通过产品名、副作用、药物交互作用及制造者等搜索整个数据库的能力。

第三节 发展前景

数据库技术与Internet技术相集合是Internet发展的重要基础之一。目前，基于Web的数据库系统已在口腔医学领域获得初步发展，显示出以数据库为核心的口腔医学信息资源的开发与利用将成为21世纪口腔医学信息学发展的主要内容。由美国牙医学学会AADS牙医学信息学学部负责建立的AADSoft数据库反映了当前牙医学教育领域信息技术的应用情况。已建立信息技术目录、临床信息系统、教学软件、基于Web的教学课件、管理程序、临床程序等六个数据库。由德国精华出版公司（Quintessence Publishing Company）发展的全球牙医学网络（Global Dentistry network，GDN）通过建立的八个相互紧密连接的标准化数据库为牙医学专业人员提供有关的口腔医疗信息，同时也对患者及公众提供有选择性的口腔医学信息。GDN已成为目前覆盖范围最广、内容最丰富的基于数据库的口腔医学信息网络。在病例研究数据库中，标准化的搜索表有助于信息的检索。可通过选择的患者数据、诊断、治疗及其使用方法搜索数据库。因临床专业的不同搜索表不同。一旦用户开始搜索，就会出现一个有效病例的概貌，提供病例摘要和如何存档的细节。根据这些信息，使用者可迅速对一个或多个病例满足要求作出决定，然后下载完整的病例文件。GDN数据库允许用户使用组合关键词和全文搜索检索所有牙医学相关领域的信息，允许横向搜索所有数据库及纵向搜索单个数据库。其网址是 http：//www.globaldent.com。

（魏世成 熊晓玲）

第五章　计算机辅助系统与口腔医学

第一节　计算机辅助系统基础

一、计算机辅助系统的基本概念

从广义角度，计算机辅助系统泛指以计算机作为辅助工具的各种应用系统。目前的计算机辅助系统主要为计算机辅助设计（computer aided design，CAD）、计算机辅助制造（computer aided manufacturing，CAM）及计算机辅助教学（computer aided instruction，CAI）三方面的计算机应用系统。该三种计算机辅助系统均在医学领域获得应用。

1. 计算机辅助设计　计算机辅助设计是信息技术和设计技术相互结合的产物，它融合计算机科学、数学、设计学以及计算机图形学、图像处理技术、数据处理技术，以及设计技术人员的专业知识和经验。在各种设计中使用计算机辅助，可大大提高设计速度，并及时显示设计结果供评价修改。

2. 计算机辅助制造　计算机辅助制造是信息技术与产品制造技术相结合的产物，即是利用计算机控制生产过程，使构造复杂、精度要求高的生产工艺由计算机严格控制，以提高产品的合格率，减轻繁重重复劳动。例如，用计算机控制车床根据计算机辅助设计获得的修复嵌体形态结果对瓷块进行牙嵌体的切削制造。

3. 计算机辅助教学　计算机辅助教学是利用计算机辅助课堂示范教学、学生自学及实习，以及教学管理等，以提高教学质量、减轻教学人员的负荷，实现教学资源的共享等。CAI的专用软件称为课件（courseware）。

二、CAD/CAM系统及其基本概念

（一）CAD/CAM系统基本概念

1. CAD/CAM系统组成　CAD/CAM系统由支持CAD/CAM的计算机、数控车床等硬件及CAD/CAM开发软件等组成。其中硬件包括激光光纤及探头、微型光学摄像机、计算机、数控车床。在CAD/CAM系统中，CAD是核心和基础。口腔修复CAD/CAM系统的设计制作过程通常由微型口腔内摄像机（探头）摄制、记录口腔内牙预备体的活动图像，通过光纤传输到计算机进行数字化影像处理、储存并在屏幕上显示，最后由计算机驱动数控车床对瓷块进行切削雕刻，完成嵌体、冠等牙修复体的辅助制造。

2. 三维测量及计算机图像化　要在显示器上完成设计，必须先进行三维测量和计算机图像化处理。三维测量包括对CAD数据库中理想牙和预备牙模型的测量。经过三维测量后，将获得的预备牙模型，或上下无牙颌模型的X轴（颊舌向）、Y轴（近远中向）、Z轴（殆龈向）的三维坐标输入计算机图像处理系统，采用特殊的软件进行计算机图形重建，即计算机图像化处理，使被测模型在显示器上重现其立体影像。理想牙的3D坐标信息可储存到计算机数据库中备用。这是目前大多数CAD/CAM系统采用的方法。

（二）计算机辅助设计系统的组成

完整的CAD系统由科学计算、图形系统及数据库三部分组成。

1. 科学计算　科学计算部分包括通用数学库、统计数学库，以及常规设计计算，特别是优化设计、有限元分析、可靠性分析、动态分析等先进的设计和分析方法。

2. 图形系统　图形系统包括几何构型（含体素构型和曲面造型），绘制零件图形，绘制各种函数曲线，绘制各种数据表格，以及在显示器上进行图形变换（包括图形的平移、旋转、缩放、对称处理、删除、修改及消隐）、分析和模拟等处理。

3. 数据库　数据库是一个具有综合性、共享性及数据冗余少等特点的数据集合。它按信息的自然联系来构造数据，如把数据本身和理想牙、预备体、上下无牙颌等实体的描述存入数据库，用各种

方法对数据进行各种组合，以满足各种使用需要，使设计所需的数据便于提取，新的数据易于补充，以及利用已知数据和系统形成知识库。

三、计算机辅助教学系统的基本模式与特点

1. CAI系统的基本模式　因教学目的的不同，目前的计算机辅助教学系统具有下述六种基本模式。

（1）训练与实习模式：由计算机自动提供大量的各种难度的习题，学习者逐一解答，并由计算机评定答案正确与否。这种模式通常用来帮助学习者复习已学过的知识，巩固、加深、提高对所学知识的灵活运用能力。

（2）会话模式：由计算机显示教学内容并不断提问，学习者回答。学习者也可向计算机提问，由计算机回答。此模式由计算机充当教师角色，帮助学习者学习新知识。

（3）模拟模式：由计算机模拟现实或非现实虚拟世界的场景，如模拟有危险或难于实现的实验环境，供学习者在模拟的环境中学习。可模拟患者供医学生实习。

（4）游戏模式：把教学内容寓于计算机游戏之中，有利激发学习者的学习兴趣。

（5）测验模式：计算机出题，学习者回答，计算机评分；或由计算机给出一个原始模型系统，由学习者操纵该系统去满足一定要求，且必须对系统作一定修改才能完成。该模式可测试学习者综合解决问题能力水平。

（6）问题求解模式：计算机解特定问题，要求学习者给出参数进行推理或提出假设条件，最后由学习者自己总结出这些参数之间的依赖关系；在分析推理过程中如学习者有困难，计算机可给予适当帮助。此模式有助于培养学习者分析问题的能力，提高推理技巧。

2.CAI系统的特点

（1）在学习过程中，学习者可直接迅速接受来自处理过程中的反馈和认可。可及时知道回答问题的正确与否。系统可对学习者的回答给予评价、鼓励，以提高学习者的积极性。

（2）学习者可按自己的进度安排学习。可随时在自己方便时开始、暂停或终止学习过程，随时重新开始或继续学习。

（3）学习课程可以独立改进，使课程越改越好。

（4）可减轻教师的教学负荷，减少重复教学过程，使教师有更多的精力改进教学，提高教学质量。计算机可帮助阅卷、统计学生成绩、排序等。

（5）可用计算机模拟危险的、耗资巨大的学习环境，消除实际环境中学习的危险性，节省资金等。

（6）用模拟或虚拟现实的方法学习微观世界的知识；可通过远程通信及互联网技术进行远程教学，实现教学资源共享。

第二节　计算机辅助设计（制造）口腔医学应用

一、义齿计算机辅助设计与（或）辅助制造

（一）局部固定义齿CAD/CAM系统

1. 局部固定义齿CAD/CAM发展概况　局部固定修复体（义齿）CAD/CAM系统是口腔修复领域应用计算机技术最为成功的例子。应用计算机辅助设计和辅助制造技术于口腔医学领域进行牙修复体计算机辅助设计和制造的思想最早于1973年，由法国著名发明家Francois Duret教授提出，并于1974年起倡导发展第一个可建立牙体三维图像及自动化制作牙冠的牙科CAD/CAM系统。但直到1975年由Altschuler等解决了印模的数据化问题后，口腔修复CAD/CAM系统的研究才进入实践阶段，1983年第一台口腔修复CAD/CAM样机在法国问世，1985年Duret首次利用CAD/CAM机设计、制造了一个后牙修复体。之后，口腔修复CAD/CAM系统的研究开发从系统的各个技术方面如数据印模的采集、图像处理等方面深入发展，瑞士、德国、法国、荷兰、日本、美国等先后开展这方面的研究，到90年代世界各国已开发出十余种口腔修复CAD/CAM系统，其中以瑞士的CEREC（chairside economical restoration of esthetic ceramics）系统、法国的Duret系统为代表已进入临床应用，其它系统仍处于发展完善阶段。目前口腔修复CAD/CAM系统存在的主要问题是数据印模的准确

性、加工材料的种类强度美观及加工性能等。

2. 局部固定义齿 CAD/CAM 系统的技术基础　贝齐尔、B 样条及仿射变换方法是局部固定义齿 CAD/CAM 系统的技术基础。在预备牙体虚拟模型上设计修复牙体缺损的冠、桥、嵌体等，实质上是在进行曲面造型。在贝齐尔（Bezier）、B 样条（B-Spline）及其有理形式在数学上获得突破之后，开始使用控制点和型值点进行曲面造型。目前大多数的 CAD/CAM 系统主要以贝齐尔、B 样条方法为基础。贝齐尔方法使用户只要移动控制顶点就可以方便地修改曲线的形状；B 样条方法则能较成功地解决局部控制问题，且能在参数连续性的基础上解决连接问题。如能把理想牙牙颈部任意延缩，使其与预备体边缘平滑相接。另外，仿射（Affine）变换也被应用于局部固定义齿设计，它能将 CAD 数据库中的理想牙缩放、平移或旋转，以便能套入预备体虚拟模型上，并与预备体边缘、邻接面及对颌牙协调。

3. 局部固定义齿 CAD/CAM 系统

（1）Cerec 系统：CEREC 系统由牙医 Mormann、Brandestini 设计，德国西门子公司开发完善，于 1986 年首次在苏黎士展出。它是出现最早并广泛应用于临床牙体修复的局部固定义齿 CAD/CAM 系统。CEREC 由口腔内摄像机、计算机、数控车床及图像处理和加工软件等组成，其中修复体的基底、邻面接触区、洞面边缘及边缘嵴分别由四个绘图程序完成设计。早期系统只能设计制造嵌体，𬌗面由医生调磨；目前的系统可设计制作嵌体、3/4 冠、瓷贴面等，并能对𬌗面作粗打磨，可修复楔状缺损、畸形牙、切断缺损及烤瓷破损等。该系统于 1991 年更新，目前全世界已有 2000 台以上应用于临床。系统简单易学易用，加工一个修复体仅需 6 分钟左右时间，加工精度为 100 到 200 微米。该系统用 Apple 机，设计自动化程度中等。修复体设计时，在显示器上用鼠标描记一系列点，这些点将组成修复体的外形，用户可任意选择边缘嵴和接触点。之后，将光标固定在颊（舌）壁与龈缘交界处，光标沿着内部线角的位置移动，进行洞底的确定，计算机自动将所有的标记点连成一线。在描记修复体的基底后，加上𬌗面并将两部分连接起来，可在显示器上检查并校正所确定的修复体的边缘和各壁的位置。

（2）Duret 系统：Duret 系统由法国 Marseilles 大学牙学院 F. Duret 教授领导研制，法国 Sopha Bioconcept 公司开发完善。该系统可加工的材料有瓷、钛合金，可加工的修复体有全冠、嵌体、烤瓷底层等。该系统用 Micro VAX 机，设计自动化程度中等，能进行𬌗面设计，修复体设计时间约需 50 分钟。设计时用户利用鼠标在视频模型上用一连串的点来标记出所设计预备体的边缘位置，计算机便能自动完成三维图像的计算，并将计算结果输入 CAD 系统设计出一个冠的虚拟模型。冠的内面由预备体的形态确定。修复体虚拟模型可旋转观察，调整完善。除边缘位置外，输入一个预期的粘固剂厚度，计算机自动生成冠的内表面。在设计冠的颊舌、邻面时，先根据理想牙来恢复冠的形态，并用一套特定的程序形成一个美观的牙冠外形。用户可根据自己的经验、患者的口腔情况在显示器上对理想牙冠的外形线进行任意调整；冠的𬌗面形态大致由对颌牙而定。在虚拟的𬌗架上，用户可自由移动冠的中心点，确定正中𬌗位，建立一个尖对窝或尖对边缘嵴的咬合关系，以便冠或桥的𬌗面与正中𬌗位等相协调；最后通过移动点的位置，重描牙冠外形，升高牙尖或形成牙间隙，完成对牙冠形态的调整。

（二）局部可摘义齿计算机辅助设计

Beaumont 等（1989）在苹果机上用 Lightspeed Pascal 语言编制出可摘局部义齿设计程序。该系统采用人机对话方式，用键盘输入缺失牙、连接体、支托、直接固位体及交互体的位置，义齿零件是根据牙弓、肯氏分类、修改和隆突的有无以及基牙固位有无倒凹而定。系统根据临床经验，通过推理推导出相应的可摘局部义齿设计方案。其缺点是设计种类少，不能在屏幕上再现义齿、牙弓、连接体等的形状。随后，Beaumont 等在原设计基础上更新开发环境，用 Hypercard 语言在标准苹果机界面上利用鼠标、图标、重叠窗、下拉菜单、按钮、滚动条和对话框等功能进行可摘局部义齿设计、系统可提供 160 种设计方案，并可随意搜索浏览，对设计图进行修改。Hammond 等（1993）研制的可摘局部义齿设计系统使用户能在屏幕上直接操纵有关零件图进行义齿设计。不同病例的牙弓可通过直线移动和旋转牙齿图形得到。义齿零件的大小、形状、位置可动态确定，以适合基牙和其它零件的放置。

（三）全口义齿计算机辅助设计

全口义齿的设计主要是人工牙的排列和基托边缘设计。因此利用CAD辅助全口义齿的设计主要就是对全口义齿人工牙的排列和基托边缘的形成进行辅助设计。Maead等建立了一个全口义齿CAD系统。上下无牙颌印模在患者口腔中以适当的垂直关系和水平关系连接在一起，印模取出后将印模固定在三维激光扫描仪上进行测量，经过计算机软件系统进行处理后在屏幕上重建确定了水平及垂直关系的上下颌虚拟模型，通过移动有关数据点到适当位置，使从数据库中取出的标准人工牙排列数据与在屏幕上重建后的上下颌印模数据拟合，并与义齿垂直与水平关系相匹配，而人工牙的排列以将咬合力适当分散到支持组织中去为原则。

二、牙颌模型三维测量及诊断、矫治设计CAD系统

（一）概况

利用计算机图像处理技术、模式识别技术及计算机辅助设计（CAD）技术，在UVAX机上应用IP8500图像处理系统建造牙颌模型三维测量、牙颌畸形诊断及矫治设计CAD系统。

（二）系统设计原理

利用计算机图像处理技术获取牙颌模型的三维信息，并进行测量计算，了解牙量与骨量的关系，以及上、下颌之间的关系，同时通过计算机X线头影测量技术获取X线头影测量信息。在此基础上利用计算机模式识别技术对牙颌模型进行处理，提取出所有牙齿的特征点及外形。以每一个牙齿作为一个单元，使其能随意移动；采用人机对话方式，在计算机上对牙颌畸形的正畸治疗过程进行模拟，验证不同的矫治方案，从而获得最佳矫形治疗方案；对矫治效果进行预测，使矫治方案更具科学性，更符合临床实际。

（三）系统实现过程

第一步，利用云台支架及近景摄像头获取多角度的牙颌模型二维图像；第二步，通过计算机图像处理技术将多个二维图像重建构成三维图像；第三步，获取牙颌模型上的特征点，并根据临床要求进行三维立体测量计算，统计分析处理，并将所得数据储存作为计算机辅助诊断和设计的基本数据；第四步，利用模型测量获得的数据及X线头影测量数据，结合临床经验及临床资料，利用计算机辅助设计技术对资料进行综合分析、判断，采用人机对话方式，由计算机确定初步的矫治方案，并可对矫治方案在计算机屏幕上进行模拟、修正，结合患者要求制定最终治疗方案。

（四）系统功能

可将模型以图像方式储存于计算机内，便于模型的保存；可以在计算机屏幕上显示牙颌模型，并可从多个角度拍摄二维照片，满足临床和科研的需要。可将每一个牙齿的边缘轮廓提取出来，并以每一个牙作为一个单元，便于在计算机屏幕上进行排牙实验，并可利用CAD技术，结合其他临床资料，确定最终矫治方案。可对牙颌畸形矫治预后进行预测，在矫治方案初步确定后，可在计算机上根据矫治方案对牙颌畸形正畸治疗的全过程进行模拟，以便对矫治结果进行预测和评价；并可根据预测结果，结合患者要求，对矫治方案进行修改、完善。所有测量数据均可储存并进行统计学分析，便于对临床资料的收集和整理，有利于临床经验的总结与提高。系统可进行统计学处理，便于对大样本资料的统计学分析，并可对牙颌模型进行纵向研究，了解牙颌的生长发育规律。

（五）系统主要特点

可对牙颌模型进行三维立体测量，较手工测量速度快、精度高；可对所有数据进行综合、分析、判断，通过人机对话，作出较为全面的诊断和治疗方案，使诊断更加准确，矫治方案更加合理；通过矫治模拟判断矫治方案的正确性，并可结合患者要求修改完善治疗方案；通过对预后的预测确定矫治方案的可行性。

第三节 计算机辅助教学与口腔医学

在口腔医学领域计算机辅助教学系统的开发应用相对较少而且发展较晚，在多媒体技术及图形图像处理技术发展成熟后才开始有计算机辅助口腔医学多媒体教学系统的研究和应用。参见第六章多媒体计算技术与口腔医学。

第四节 发展前景

（一）义齿CAD/CAM系统

义齿CAD/CAM系统的开发应用是CAD/CAM技术在口腔医学领域应用的一个重要发展方面。Cerec、Duret等义齿计算机辅助设计和制作系统在临床上的成功应用显示了CAD/CAM技术在口腔医学领域的应用研究价值及前景。CAD/CAM技术在口腔修复领域的应用改变了传统的口腔修复体设计和制作方式，传统的印模方式被光学印模技术所取代，传统的石膏记存模型被数字化的计算机记存模型代替，传统的修复体制作方式也被快速简单的数控制作所取代。但是，目前大多数的口腔修复CAD/CAM系统尚未能在临床获得广泛应用或仍然处于研究开发阶段，其原因主要在于功能较单一，而价格昂贵，可加工材料少，光学印模的精度或修复体的精度较理论精度差。义齿CAD/CAM系统的开发研究将继续在提高数据印模的精度、扩大可加工的材料、提高咬合面精度等方面深入发展。随着计算机硬件的改进发展，以及CAD/CAM技术的发展完善，口腔修复将进入一个计算机信息技术时代。

（二）全口义齿CAD/CAM系统的研究

目前，CAD/CAM在口腔修复学领域的研究已进入全方位时期，已从初期以嵌体、全冠等为主的固定修复体制作发展到难度更大，涉及面更广的全口义齿修复体等方面。

全口义齿CAD/CAM系统是以软组织为主体对象的制作系统，其涉及范围广，不仅要测量残留牙槽嵴区域的组织，而且要考虑与周围咀嚼肌、表情肌等肌肉组织的协调，以及牙齿排列对颌面部美观的影响，正中殆关系恢复，与颞下颌关节的关系等。因此，研制开发全口义齿CAD/CAM系统需要进行大量的基础研究。例如，如何从残留的牙槽嵴组织和颌面部外形，尤其是口唇组织中寻找出人工牙前牙的排列规律，需要建立一组天然牙列前牙与面颌部尤其是口唇关系的数据库；如何从颌面部外形改变及下颌运动轨迹中探求殆关系的恢复等。

（三）三维光学造形系统的研究

在义齿CAM系统的研究中，除数据（NC）切削加工外，针对全口义齿、局部可摘义齿的制作特点，三维光学造形系统正在被推出。光学造形法需专有硬件设备和根据光固化树脂的硬化机制而编制的软件。光学造形法首先将三维形状的数据分割成水平状的二维数据，以二维数据XY轴为坐标，用紫外光线照射，使液体状的紫外线硬化树脂硬化，然后在Z轴上以每0.1mm的厚度变化，使二维断面连续叠加，如此则使义齿作为一个整体制作成为可能。这种方法弥补了切削法所带来的修复体内面和外面位置的吻合困难，但光学造形法的精度及塑型后的变形等一系列问题还有待解决。

（四）计算机辅助教学与Internet结合

计算机辅助教学系统与Internet相结合是目前计算机辅助教学的一个重要发展方向。在国外，透过Internet网的口腔医学继续教育超媒体教学系统已得到极大的发展。Internet网的成功，使口腔医学的教育方式将发生革命性的变化，远程教学、自由式学习方式将成为现实。

（魏世成　黄隆庆）

第六章　多媒体计算技术与口腔医学

第一节　多媒体计算技术基础

一、多媒体计算技术基本概念

（一）多媒体计算技术的含义

多媒体计算技术（multimedia computing technology），简称多媒体技术，是使计算机具有综合处理文本、图形、图像、声音、动画、视频图像等多种不同类型媒体信息能力的技术，是一项涉及对文字、图形、图像、声音、视频影像处理、数据压缩及其相关的计算机软、硬件的综合技术，是一种同时采用多种媒体形式对信息实施接受、表达、传播和处理的技术。其技术特征包括运行的实时性、并发性、人机交互灵活性等。

（二）多媒体计算技术相关概念

1. 媒体与多媒体的含义　媒体（media）是指人类通过计算机表达、传播、处理信息的物质形式。如符号、文字、数值、声音、图形、图像，以及动作、表情、色彩、气味、感觉、触觉等。

多媒体（multimedia）则是上述多种媒体的集合。其实质是运用多种媒体形式对信息进行接收、表达、传播及处理。

2. 多媒体计算机系统　多媒体计算机系统是指以多媒体计算技术为核心的计算机系统。多媒体计算机系统的层次结构如图 18-6-1 所示。

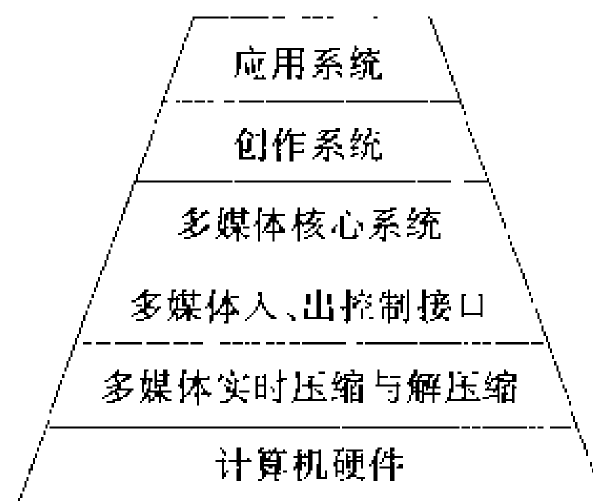


图 18-6-1　多媒体计算机系统的层次结构图

3. 多媒体数据库　是指包含文本、图形、图像、动画、声音、视频图像等多种媒体信息的数据库。其主要技术有数据模型技术、数据的压缩和还原、数据的查询处理与索引机制、多媒体信息的统一、多媒体信息的再现和良好的用户接口、分布式处理等。

4. 多媒体开发工具　是一种高级多媒体程序开发平台，能统一编辑、管理多媒体数据。其特点是简洁应用。目前主要有基于流程图、卡片、语言三种类型的开发工具。其中，基于流程图的如 Authorware，基于卡片的如 Action!，基于语言的如 ToolBook 中的 OpenScript 语言。

二、多媒体计算技术的核心技术

（一）数字音频和视频技术

为解决音频和视频信息的数字化及压缩、解压缩，以达到对音频、视频信息实时或准实时处理的技术。

（二）多媒体软件平台技术

包括多媒体操作系统、多媒体开发工具。其中，多媒体操作系统的作用是控制多媒体设备、处理多媒体信息，是一种具有实时多任务处理能力的计算机操作系统和视窗软件环境。多媒体开发工具是一种高级多媒体应用程序开发平台。

（三）多媒体通信技术

用于实现多种媒体信息传输和交换的技术，主要解决文本、声音、图像、视频图像等媒体信息的实时表示、实时交换、多路混合传输、交互性、多种媒体的同步以及媒体的最后表示形式等问题。

（四）多媒体数据库技术

多媒体数据具有复合性、分散性、时序性等特点，多媒体数据库技术除有数据储存管理、数据共享、并发控制、事务处理等一般数据库技术的特点外，还应解决下述问题：支持图形、图像、声音、动态视频、文字等多种媒体字段类型及用户定义的特殊类型；支持定长、非定长数据的集成管理；有表示和处理对象间复杂关系的能力，保证复杂对象

的完整性和一致性；保证具有时序性信息单元之间在时间、空间上的衔接与同步；巨大量多媒体数据信息的储存及支持多媒体操作的用户界面。

第二节　多媒体技术口腔医学应用

一、颞下颌关节病多媒体教学系统

（一）系统设计与实现方法

1. 设计思想　根据高等医药院校教材口腔颌面外科学及其教学大纲中对颞下颌关节病的教学要求，以及教师的教学经验，将颞下颌关节病的教学内容分为TMJ应用基础知识和TMJ疾病临床知识两个大单元，再根据具体内容分为若干个独立的教学子单元；根据不同教学子单元的特点在不同的框架模式下获取知识，编写出由文字、图形、图像、声音、活动影像等形式表达知识的教学剧本，然后根据剧本设计与编程，使每一个独立的子单元形成一个独立的教学子系统；对内容较多的子系统还可设立子子系统。最后，设计一个总控模块将各个分散的教学子系统有机地连结在一起。形成最终的颞下颌关节病教学系统。

2. 开发环境　软件环境包括操作系统中文Window 3.1、图像采集处理系统IPPlus 1.0及声音获取处理系统Sound Wave Ver.D。硬件环境包括PC 486微机、彩色图像扫描仪、声卡等。

3. 用户界面　系统界面根据Windows风格设计，便于用户使用。采用菜单和目标驱动方式，使系统仅通过鼠标操作即可完成全部操作过程。屏幕显示图文并茂，图、文解释采用隐藏方式，需要时显示，不需要时隐藏。图、文、声、像等表达方式交替使用，使系统生动、形象、直观而富有吸引力，交互式方式使系统操作灵活随意。这些良好合理的用户界面设计便于使系统能最大限度地提高学习者的学习积极性，获得理想的学习效果。

4. 应用对象　该系统设计针对的使用对象是高等医药院校五年制和七年制本科学生。由于仅需使用者熟悉计算机的基本操作及Windows操作系统的使用风格即可使用，而且学习的内容可灵活选择、交互使用，因此也可作为三年制大专生的辅助教学工具，或临床医师继续教育的自我学习辅助教学工具。

5. 知识来源　系统知识主要来源于中华人民共和国高等医药院校教材口腔颌面外科学、参考专著实用口腔科学、颞下颌关节病，并结合有关专家的教学经验概括而成。

6. 知识分类、获取与表达　根据有关颞下颌关节病的知识及教学经验，将其知识分为下述四类：

文字性知识：直接从教科书及参考书中获取，要求提纲挈领、简明扼要，用最精炼的文字描述有关知识，以便于在计算机屏幕上设计编排出一目了然、贴切易懂的文字知识。采用文字方式表达，利用不同的字体、字型、大小、色彩、阴影、声音等方式使文字知识生动而富有吸引力，便于理解和记忆。

静态图形知识：用模式图或图片方式表达的知识可从教科书及参考书中获取，对不理想或需补充的也可重制或自制。将绘制的模式图或照相获得的图片用图形扫描仪扫描、储存。其中，模式图以Lineart方式扫描，黑白图以Gray方式扫描并转换为彩色以16色显示模式储存，彩色图片以真彩色方式扫描，256色显示模式储存。

动态图像知识：以动画方式表达的知识采用三维动画方式制作，以gif文件格式储存。如对颞下颌关节运动的描述可用动画方式来实现与表达，便于理解；对以录像方式表达的知识用录像机拍摄记存于录像带后，用编辑机剪辑整理，通过视频输入卡输入计算机，以avi文件格式储存。如颞下颌关节手术过程的描述可用动态图像表达与实现。声音性知识：利用声音表达的知识如颞下颌关节运动过程中发出的弹响声、摩擦音等，可通过录音系统录音，经声音输入卡输入计算机并经声效处理系统处理，以Wav格式储存。

7. 教学方法设计与表达　根据教材的编排方式，结合计算机辅助教学在交互式学习方面的优越性和启发式教学方法设计系统的教学学习方式，以文字、图形知识为主，图像、声音知识为辅，结合动画、录像等表达方式实现整个学习过程。

（二）系统结构

根据教学内容的不同，将颞下颌关节病的教学分为两个单元。第一单元为与颞下颌疾病有关的基

础知识，包括颞下颌关节的应用解剖、颞下颌关节运动生理学、颞下颌关节影像学等。第二单元为颞下颌关节疾病的临床知识，包括颞下颌关节强直、颞下颌关节脱位等。每一个单元又根据不同的内容分为相对独立的子单元，以子单元构成相对独立的子系统，最后通过总控模块连结。其基本结构如图18-6-2所示。

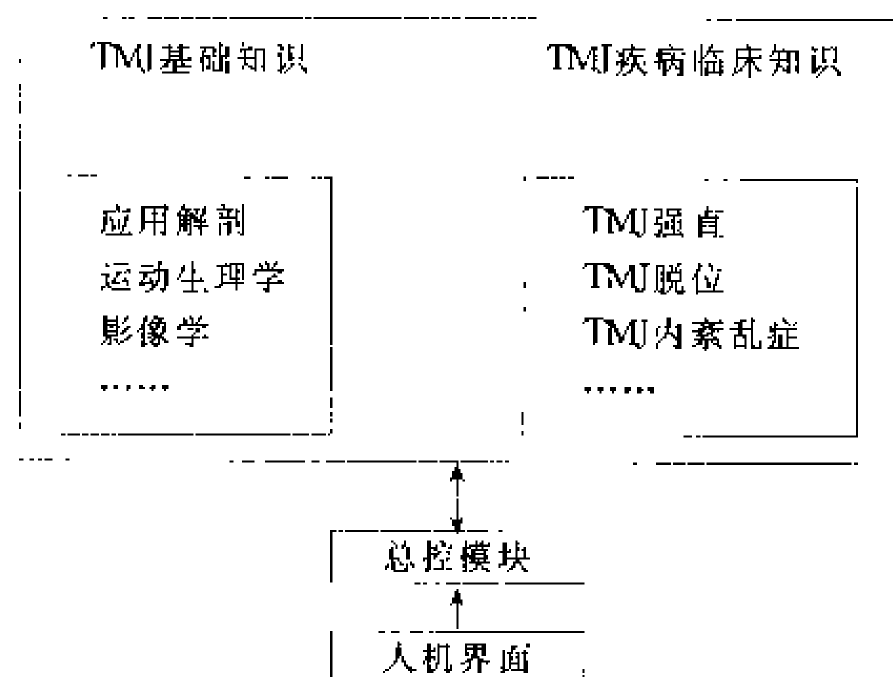


图18-6-2 颞下颌关节病多媒体教学系统结构框图

（三）应用

利用颞下颌关节病多媒体教学系统，根据口腔颌面外科学七年制教学大纲中有关颞下颌关节病的教学要求，对口腔医学七年制本科学生进行教学尝试。教学方式采用教师利用该系统进行导向式指点辅导，学生主动学习的方式进行。学习过程实现交互式，学生可根据理解记忆的程度不同反复学习。在6个学时的教学时间内完成了TMJ的应用解剖、生理、影像及TMJ强直、脱位、内紊乱症的教学内容。在教学完成后通过即刻提问检查学习效果，并在期终考试时评价其远期教学效果。应用实践表明该系统基本能满足教学的需要，能促进学生学习积极性和主动性的提高，有助于增强学生对知识的理解能力和记忆能力。整个学习过程生动有趣、形象直观，体现了学生自我教学的参与性。

二、口腔微生物学多媒体CAI系统

（一）系统概况

口腔微生物学包含大量的显微镜下的微观形态学知识，而这些形态学知识是口腔微生物学教学中的难点和重点。随着计算机技术的不断发展，计算机辅助教学技术不断提高，尤其是图形图像处理技术及多媒体技术的成熟，形态学知识的表达方式得以突破，图文声像并茂的计算机辅助教学方式得以肯定。该系统充分利用计算机在图形图像处理及交互式教学方面的优越性，在Windows环境下利用Visual Basic和FoxPro开发口腔微生物学多媒体CAI系统，使口腔微生物的教学形象生动、直观有趣，交互式学习方式则使学习者的学习主动性和积极性大大提高，有助于提高教学质量与效果。

（二）系统设计与开发环境

1. 设计思想　要求系统既能像教科书一样系统地介绍口腔微生物的发展史、口腔菌群演替、口腔微生物实验技术、口腔疾病的微生物学等内容，又要充分利用计算机的交互式特性，使系统能显示交互式学习计算机辅助教学中的优越性；对各种数目繁多的微生物不仅要按分类图文并茂地详细介绍，而且要实现快速检索。对大量的口腔微生物学词汇或术语也要求能实现快速检索学习。

2. 开发环境　软件环境包括操作系统中文Window 3.1、图像采集处理系统IPPlus 1.0、Visual Basic 3.0 for Windows及FoxPro 2.5 for Windows。硬件环境包括PC 486微机、彩色图像扫描仪、声卡等。

3. 系统结构

（1）系统基本结构：系统由章节学习模块、种群检索模块等七部分组成，其基本结构及其相互关系如图18-6-3所示。

章节学习模块：利用菜单驱动或热键，以多级菜单方式按章节顺序介绍该学科的有关内容。该模块包含绪论模块、微生物种群模块、微生物实验技术模块及疾病微生物学模块四个子模块。

种群检索模块：对微生物按分类详细介绍有关知识，并可利用不分类检索方法快速检索出微生物所属的种属后，再按分类顺序学习。

术语/词汇不分类检索模块：利用不分类检索方法对有关微生物的术语/词汇进行快速检索，并显示微生物术语/词汇的中英文对照及解释。

术语/词汇分类学习模块：利用分类检索方法对有关微生物的术语/词汇进行快速检索，并显示微生物术语/词汇及其中英文对照及解释。

数据模块：将各菜单对应的文字、图像资料分别以文本文件、图像文件形式储存在指定目录下，供菜单驱动直接调用。

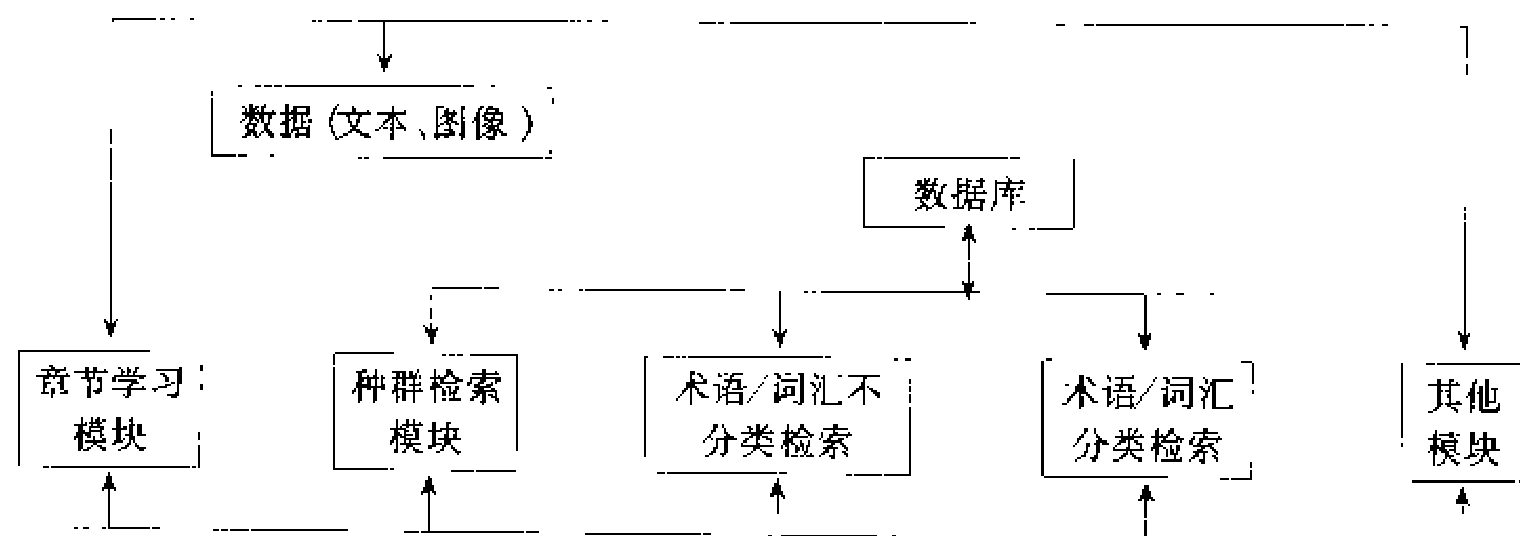


图 18-6-3 口腔微生物学多媒体 CAI 系统基本结构框图

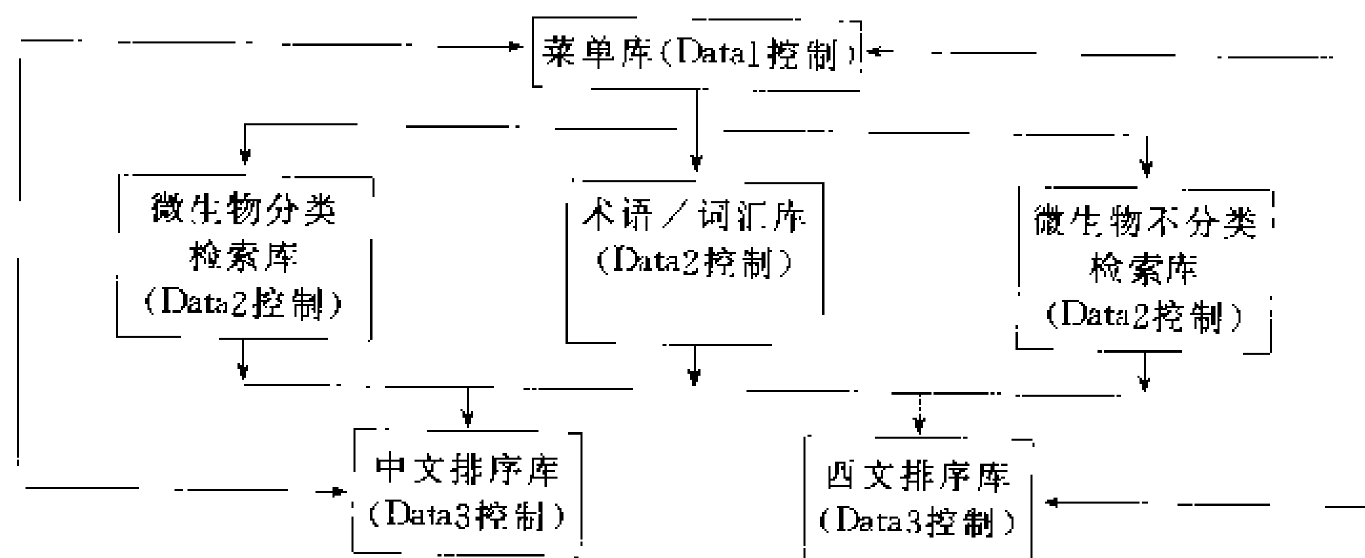


图 18-6-4 数据库间的相互关系框图

数据库模块：将各种微生物的详细文字、图像、词汇、术语等资料分别储存于相应的数据库文件中。用 Visual Basic 的 Data 构件实现数据间的关联和浏览。

其它模块：包括试题与解答模块、参考资料模块及帮助信息模块，均用多级菜单方式驱动实现。

(2) 数据库结构：该系统设计了六种数据库结构，其相互关系如图 18-6-4 所示。

微生物数据库：为存储微生物详细资料的数据库，含编号、西文名、中文名、中文拼音首字母、革兰染色、菌属、文本、图像等字段，由 VB 的 Data2 构件控制。为便于维护数据库及提高查询速度，每种菌属设置一独立子库。

术语/词汇库：为存储口腔微生物学词汇与术语的数据库。含编号、西文名、中文拼音首字母、文本等字段，由 VB 的 Data2 构件控制。

不分类检索库：为存储所有微生物的编号、西文名、中文名、中文拼音首字母、菌属等信息，用于快速检索微生物的类别或种属，由 VB 的 Data 构件控制。

中文排序库：按中文拼音首字母顺序排序的数据库，只含编号、中文拼音首字母两个字段。每一个独立的数据库均应建立相应的中文排序库。由 VB 的 Data3 构件控制。

西文排序库：按西文字母顺序排序的数据库，只含编号、西文名两个字段。每一个独立的数据库均应建立相应的西文排序库。由 VB 的 Data3 构件控制。

菜单库：由数据库名、西文排序库名、中文排序库名三个字段构成。每一个独立的数据库及相应的中、西文排序库名构成该库的一个记录。由 VB 的 Data1 构件控制该库。

4. 系统功能与实现方法

(1) 正向学习及反向查询功能：系统提供了正向按教科书编排的章节顺序学习的功能及反向快速查询学习功能。正向学习章节模块：用 VB 中的 Input 和 Loadpicture 语句直接从数据模块中调用菜单项对应的文本文件和图像或图形文件，并于特定的文本框和图像框中显示，实现按章节顺序、多级菜单驱动介绍该学科的有关内容。微生物数据库内容的浏览：利用特定的程序实现 Data2 构件与微生物数据库的连接以及微生物名称、图像、文本等信息的显示。术语/词汇库内容的浏览：利用特定的程序实现 Data2 构件与微生物术语/词汇数据库的

连接以及微生物中、西文名等信息的显示。排序数据库的控制：利用特定的程序实现Data3构件与中文或西文排序库的连接与控制。菜单数据库的控制：利用特定程序实现在与Data1构件相连的菜单库中，找到指定记录，用程序显示对应微生物数据库的内容，并根据具体情况将对应的排序库与Data3相连。

（2）快速检索功能：当选择按西文检索时，Data3构件与对应的西文排序库连接。当用户通过选择由系统提供的26个字母按钮时，即可快速将指针移到西文名由指定字母开始的记录，并通过编号字段关联，由data2控制显示对应编号记录的内容。当选择按中文检索时，Data3构件与对应的中文拼音排序库连接，并按前述原理实现按中文拼音顺序的浏览。

（3）不分类检索功能：当用户只知某种微生物的中文名或西文名称，而不知其种类（属）和属性时，可通过不分类检索功能快速查询到该微生物所属的菌属，再通过分类检索阅读其详细资料。该功能由特定程序实现与Data2构件与不分类数据库的连接以及微生物名称、属性等信息的显示。

三、面向对象的下颌阻生齿智能集成系统

（一）概况

下颌阻生智齿及其冠周炎是口腔颌面外科常见病之一。应用人工智能技术及计算机多媒体技术，建立的面向对象的下颌阻生智齿智能集成系统，由对下颌智齿作出诊断、拔除手术设计及并发症防治方案的实时处理智能系统和用于口腔专业学生或年轻医生培训的多媒体教学系统集合而成。实时智能处理系统能对下颌智齿作出阻力分析、拔牙手术方案设计以及并发症防治方法。而多媒体教学系统则由大量文字、声音、图片、动态图像等组成，根据教材编排设计。

（二）系统设计

系统设计包括两个方面。其一，智齿临床实时智能处理系统应用人工智能技术，主要解决临床医师实时处理智齿过程中的疑难问题。在阻力分析和拔牙设计中应用模糊推理方法，即利用规则中的已知前提，通过正反向混合推理方式获得结论；并发症的防治部分则通过输入并发症的症名，及时给出应急措施及施治方法。该部分用面向对象语言DELPHI 3.0实现。其二，多媒体教学系统部分着重于教学培训，为医学院校口腔专科学生和基层口腔科医师提供基本知识和技术，系统知识主要来源于全国高校统编教材，用文字、声音、静态图片、动态图像等方式表达知识。对典型手术过程利用多幅静态图片通过Photo shop 4.0制作成可连续播放的动态图像，并辅以文字、声音，加速学习者理解和吸收知识信息的效率，提高学习效果。之外，还利用网页制作工具FrontPage 98制作成网页，在Internet上实现远程教学及信息知识的传播。

（三）系统结构

1. 系统基本结构　下颌阻生智齿智能集成系统由实时处理智能系统和多媒体教学系统两部分组成，其关系如图18-6-5所示。其中，实时处理智能系统由阻力分析、拔牙设计和并发症防治三部分组成。

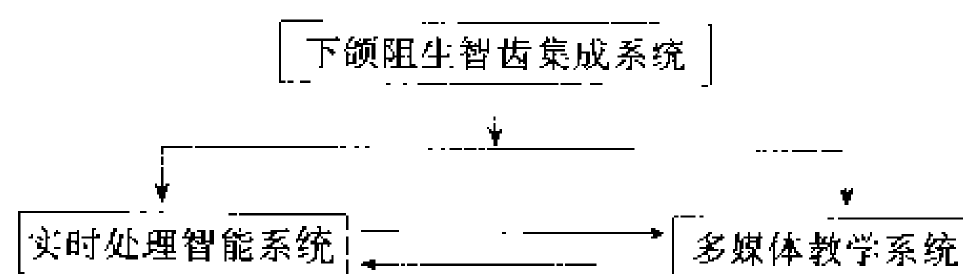


图18-6-5　下颌阻生智齿集成系统结构框图

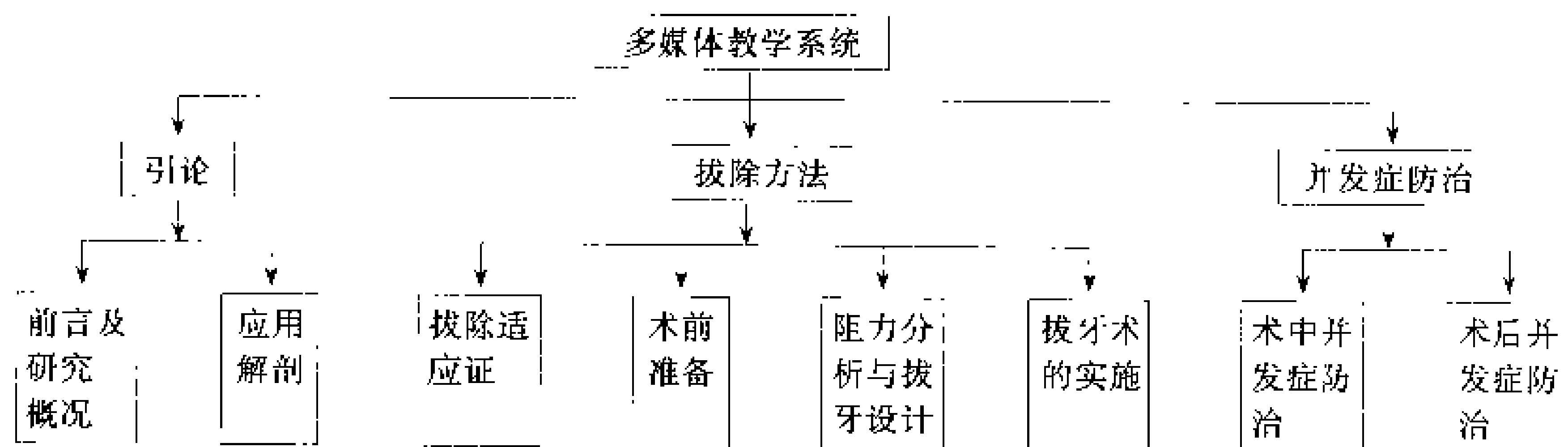


图18-6-6　多媒体教学系统结构框图

2. 多媒体教学系统结构　多媒体教学系统根据全国高等医药院校统编教材及有关参考资料整理知识编制而成，其结构按教学内容的不同如图 18-6-6 所示。

第三节　发展前景

多媒体技术与 Internet 技术相结合——超媒体系统

超媒体与超媒体系统：超媒体是超文本的自然扩展，是超文本与多媒体的结合。超媒体系统是指包含了图像、声音等非文本信息链接的超文本系统。目前，Internet 上的信息浏览功能除采用超文本机制外，还链接了图像、动画、影像、声音等，因此在 Internet 上通过 WWW 浏览的信息都是超媒体的，除可看到文本资料外，还可看到图形、图像、影像、动画以及听到声音等信息。

（魏世成　刘福祥）

第七章　人工智能与口腔医学

第一节　人工智能基础

一、人工智能的基本含义

人工智能（artificial intelligence，AI）是计算机科学、控制论、信息论、神经生理学、心理学、语言学等多种学科相互渗透而发展起来的一门新兴学科。它是研究如何制造人工的智能机器或智能系统来模拟人类智能活动的能力，延伸人的智能的科学。

人的智能涉及信息描述和信息处理的复杂过程，人的智能主要体现为认识和理解世界环境的能力，推理决策能力，学习能力和自我适应能力。人工智能即是用计算机模拟实现上述人的智能的科学。

人工智能语言是专门应用于人工智能研究及人工智能系统开发的计算机语言，其特征是有较好的符号处理功能和较灵活的控制结构。LISP 和 PROLOG 是最基本最常用的人工智能语言，LISP 是一种表处理语言，而 PROLOG 是基于一阶谓词逻辑的逻辑型语言，具有自动推理等功能。

二、与人工智能相关的概念

（一）专家系统及专家系统工具

1. 专家系统　专家系统又称专家咨询系统，它是一种智能的计算机系统。专家系统中储存有某个专门领域中经事先总结，并按照某种格式表示的专家知识，以及拥有类似于专家解决实际问题的推理机制，能对输入的信息进行处理，并运用知识进行推理，作出决策和判断。其解决问题的水平达到专家的水准，能起到专家的作用或成为专家的助手。

2. 专家系统的基本组成　一个完整的专家系统通常由知识库、推理机、数据库、用户界面、输入输出模块组成。其中，知识库和推理机是专家系统最基本的必须的组成部分。知识库储存有领域专家的知识，供推理机执行推理任务时随时调用。推理机可由一个或多个推理方法构成，在不同的过程中可运用不同的或联合的推理机制完成推理任务。医学类专家系统除具有上述基本结构外，通常还可有病历管理储存模块、统计学分析模块等。

3. 专家系统工具及其分类　专家系统工具是专门用来建造专家系统的更高一层次的人工智能语言。其特点是将处理专家系统中一般问题的通用技巧加以固化，使专家系统建造者可将精力集中于领域知识的整理上，开发更有实际应用价值的领域专家系统，其应用可大大缩短专家系统的开发时间。目前的专家系统工具可分为骨架型工具（又称外壳）和语言型工具两类。

骨架型专家系统工具：骨架型工具是利用已开发好的专家系统，将有关的描述领域知识的规则从原系统中去掉，保留其独立于问题领域知识的推理机部分而形成的可用于专家系统建造的工具。如将细菌感染诊断专家系统 MYCIN 中有关医学知识抽除形成的 EMYCIN 即是一个典型的骨架型专家系统开发工具，可应用于医学领域诊断类专家系统的开发。

语言型专家系统工具：语言型专家系统工具仅为用户提供建造专家系统所需要的基本机制，其控制策略有一种或多种形式，用户可通过一定的手段影响其控制策略。与骨架型工具不同，它不与具体的体系和范围紧密联系，也不偏于具体问题的求解策略和表示方法。其结构变化范围广泛，表示灵活，适用范围比骨架型工具广泛。如 OPS5 即属于语言型工具。

4. 知识库、数据库及推理机

（1）知识库：由各种知识表示方法表示的知识构成。

（2）数据库：专家系统中的数据库是一个综合数据库，可分为动态数据库和静态数据库。它是专家系统所使用的主要数据结构，数据库中所储存的是求解问题的信息，包括表述问题状态或有关的事实。其中，不变的信息储存于静态数据库中，而在

推理等过程中所产生的信息或数据则储存于动态数据库中。

（3）推理机：是专家系统中实现基于知识推理的模块或部件。在专家系统中应用的推理方式主要有演绎推理、非单调推理、定性推理、不精确推理。推理机主要包括执行器、调度器和一致性协调器。

5. 正向推理、反向推理及双向推理

（1）正向推理：正向推理是指由前提条件推导出结论的过程。在医学诊断类专家系统中，正向推理常用来完成由主诉或主要问题等基本信息推导出临床初步印象诊断结论的过程。

（2）反向推理：反向推理是指由已知的结论出发，反向寻找满足该结论的条件，从而验证该结论的过程。在医学诊断类专家系统中，反向推理常用来实现根据假设的初步诊断结果出发，寻找满足该结论的进一步临床检查数据或信息，验证或排除该结论的过程。

（3）双向推理：双向推理是指正、反向推理联合实现的推理策略。在医学诊断专家系统中可用双向推理来实现医学专家诊断及鉴别诊断过程中的综合推理过程，如先由产生式规则表示的知识正向推理触发目标，然后由框架表示的知识反向推理推导出临床初步诊断结论。

（二）知识及知识表示方法

1. 知识、规则、事实及经验 一般情况下，表述有关问题的知识可分为规则和事实两类。其中，规则的公式由蕴涵形给出的若干语句组成，是表示某一特定领域中的一般知识，并可当作产生式规则来使用。事实公式则不以蕴涵形给出，是表示该问题领域的专门知识。经验则是某领域专家所拥有的领域专门知识的集合。

2. 知识的表示方法 在专家系统中，因所用知识类型的不同采用不同的知识表示方法来方便、正确、合理地使用知识。其中最常用的知识表示方法有产生式规则、一阶谓词逻辑、语义网络、框架、自然语言等。医学领域专家系统建造所应用的知识表示方法主要为产生式规则、框架。

3. 产生式规则及框架表示方法

（1）产生式规则：产生式规则的一般形式为

条件——→行动

或 前提——→结论

即表示为 if（前提）..........

then（结论）........

例如 MYCIN 中用于表示判断细菌类别知识的产生式规则可描述为：

如果 培养物为血液

细菌类别确不知道

细菌染色为革兰阴性

细菌外形是杆状

患者为严重烧伤

那么 以不太充分的证据（可信度 0.4）说明细菌的类别是假单菌

（2）框架：框架是一种结构化的表示方法，通常由描述事物的各个方面的槽组成，每个槽可有若干个侧面，每个侧面可拥有若干个值。在医学专家系统中可用框架来表示医学专家经验性知识中下意识非逻辑性的知识，可描述为：

〈框架〉:: = diseaseframe（〈编码 1〉，〈编码 2〉，〈槽表〉）

〈槽表〉:: = 〈slot（〈编码 3〉，〈诊断价值〉）〉

〈诊断价值〉:: = ［-1，1］中实数

例如，在颞下颌关节紊乱综合征诊断专家系统中，采用框架表示知识如图 18-7-1 所示。

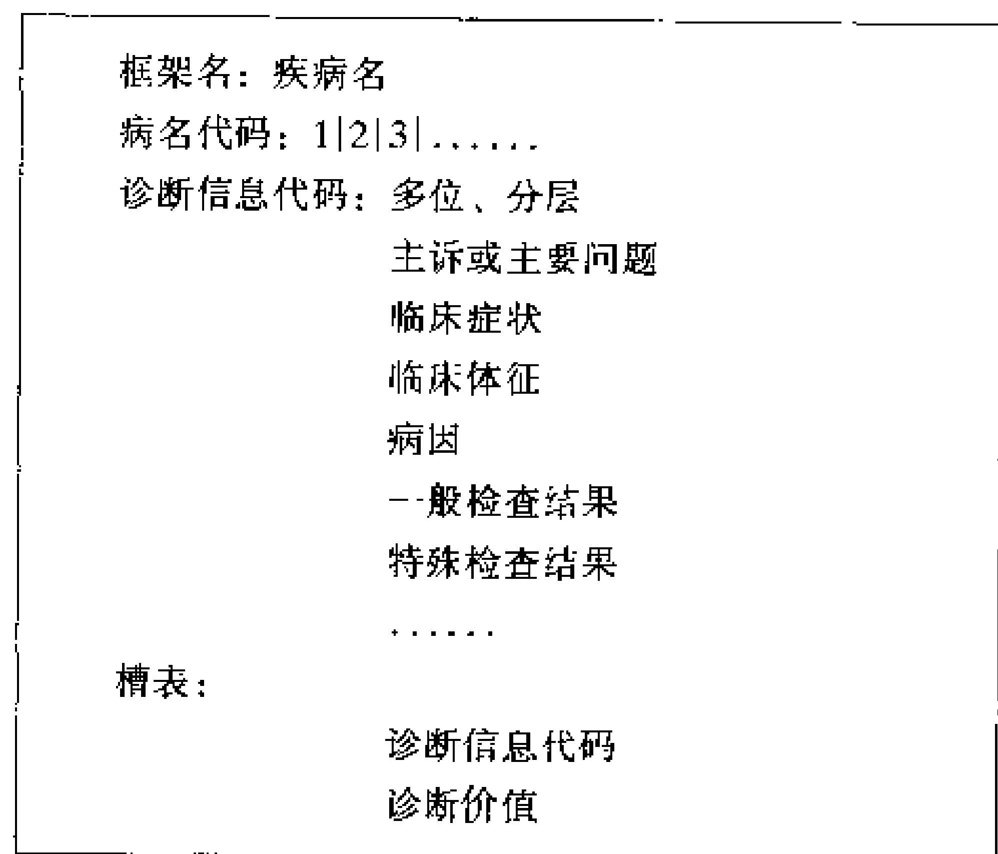


图 18-7-1 疾病诊断框架结构图

4. 元知识与元控制

（1）元知识：元知识是关于知识的知识。在医学专家系统诊断知识库中，元级诊断知识是指关于如何控制、管理、应用领域级诊断知识的知识。

（2）元控制：用元级诊断知识对诊断推理进行

控制即称元控制。在医学专家系统中，元知识与元控制能充分体现医学专家诊断思维的结构和层次特点，其应用既便于知识库的设计、推理机制的实现，提高推理效率，又具有修改、增删的灵活性，满足不同医学领域知识结构多样性的要求。

（三）模式识别

模式识别是信息科学和人工智能的重要组成部分。它是指对表征事物或现象的各种形式（包括数值、文字、逻辑关系）的信息进行处理和分析，以对事物或现象进行描述、辨认、分类和解释的过程。

计算机模式识别系统通常由数据采集、数据处理、分类决策或模型匹配三部分组成。

第二节 人工智能口腔医学应用

一、颞下颌关节紊乱综合征专家系统

（一）概况

颞下颌关节紊乱综合征诊断专家系统是利用人工智能语言 Turbo Prolog 在 PC 机上开发的应用于颞下颌关节紊乱综合征诊断的专家系统。该系统模拟口腔医学专家对颞下颌关节紊乱综合征的诊断推理思维过程，运用有关专家的知识和经验，为该领域非专家级医生提供专家级的诊断意见，从而使患者间接获得专家级的诊断服务。

（二）系统结构

系统由知识库、推理机、人机界面、病历管理及数据库等基本结构组成，如图 18-7-2 所示。

1. 用户　为口腔医学领域非专家级医生或学生。

2. 用户界面　又称输入输出模块，简称 I/O 模块。是系统与用户之间的接口，主要功能是完成诊断信息的获取与输入，诊断结果及其他解释咨询结果等的输出，以及一些必要的转换工作，打印输出患者的病历及检查单等。

3. 知识库模块　是系统的核心之一。按多模分级医学专家系统知识库模型实现，主要包括诊断知识库、鉴别诊断知识库、治疗原则及计划建议知识库及疾病预后知识库。

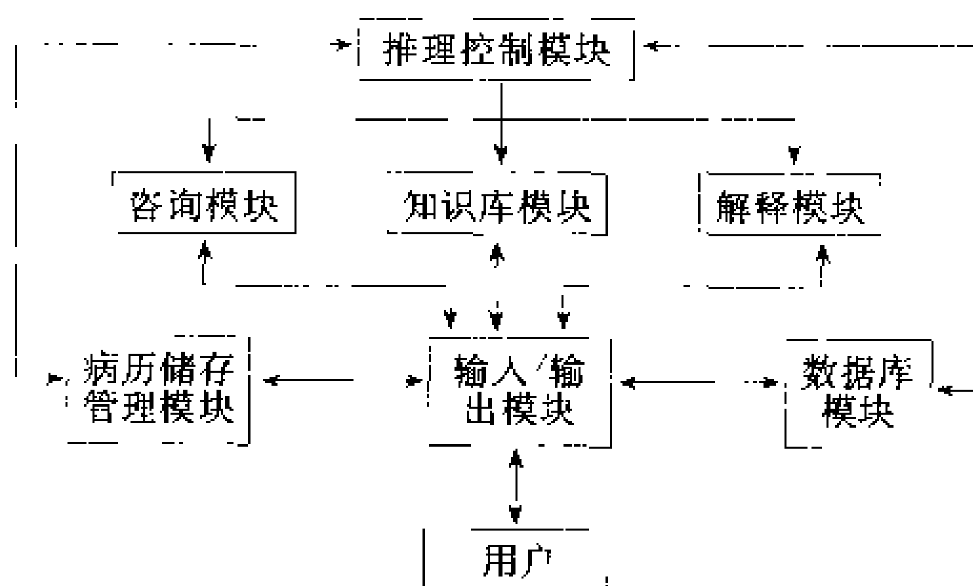


图 18-7-2 颞下颌关节紊乱综合征专家系统功能框图

4. 数据库模块　分为动态数据库和静态数据库。动态数据库允许用户方便地对在诊断推理过程中产生的数据进行插入、删除、增加及修改等操作，以黑箱形式体现。静态数据库包含知识库及耦合于程序中的数据，随时可调用。

5. 病历储存管理模块　以患者姓名或病历号作索引，实现对患者信息的储存、检索及管理。采用压缩的病历储存法只存患者原始信息索引或数据，可节省储存空间，提高推理调用速度。

6. 推理控制模块　是系统的核心。采用多种诊断求解模型、元规则、元控制等及正、反向推理技术模拟领域专家对颞下颌关节紊乱综合征的诊断、鉴别诊断等推理过程。

7. 咨询模块　采用规则及模式匹配控制提供有关疾病的治疗原则或治疗计划的建议，所需鉴别诊断的疾病及其特点，以及有关疾病预后的咨询。

8. 解释模块　主要通过对诊断推理过程的回溯追踪，为用户提供有关结论及推理过程等的解释，使用户及患者易于接受系统的推断结论，提高系统的透明性和可接受性。

（三）系统特点

以动态数据黑箱为中心采用多模式的知识表示方法表达领域专家的多种形式的知识；

知识库设计分级及元知识、元控制的采用，既符合专家知识的层次性，又大大提高了推理求解的速度及能力；

知识库与推理机在物理上完全分开，知识库可任意增删修改，便于知识库的更新与维护；

采用正反向混合推理符合领域专家的诊断推理思维；

采用联想式人机对话方法收集患者的症状、体征等诊断信息，体现了专家的特点，避免了盲目提

问和收集无关症状；

用户界面清晰，使用者易于学习、使用；

具有智能性解释功能，使系统使用者及患者均易接受系统的推理结论；

能收集完整的患者信息，便于对其分析总结，丰富完善系统的知识库；

采用压缩病历储存法只储存原始信息索引及数据，节省储存空间。

（四）系统功能及意义

颞下颌关节紊乱综合征专家系统具有启发式专家级诊断信息采集系统；建立有病历储存、检索系统，能储存、检索有关疾病的详尽资料，以便对其分析总结，探讨有关疾病的病因和诊治等问题；系统还具有辅助教学功能，通过病史采集、诊治推理结论的解释及鉴别诊断等体现其教学作用，可培训有关医务人员，使其能在短时间内通过使用系统来掌握有关领域高质量的专家知识和经验；系统能在一定程度上为系统使用者及患者提供专家级的诊治咨询意见。

二、可摘式局部义齿设计专家系统

（一）概况

局部可摘义齿的设计和制作是口腔修复学领域的一个常见而复杂的问题。通过对局部可摘义齿设计知识结构以及口腔修复专家对局部可摘义齿的设计思维模式的分析总结，根据人工智能专家系统技术思想，将局部义齿设计知识分为领域、推理、任务、策略四个层次，并采用规则评价的方法表达局部可摘义齿设计的理论、原则和经验。用演绎推理的方法，根据患者缺牙的位置、数目，推导匹配出相应的局部可摘义齿设计方案。系统通过模拟口腔修复学专家的思维模式和专家知识推导出可摘局部义齿的设计方案，为非专家级的医生提供专家级的义齿设计方案，使患者获得专家级的诊断治疗。

（二）系统设计与实现

1. 设计思想　基于局部可摘义齿设计问题的复杂性，系统设计的两个假设前提是：假定口腔内剩余牙列在各个方面均为正常；只根据缺牙的位置和数量考虑修复方案。据此，建立局部义齿设计专家系统应着重解决以下四个问题。如何运用计算机语言表达口腔所有可能出现的牙列缺损类型，并用图形来表示；如何将各种有关的局部义齿设计知识按计算机可以接受的方式编写成修复规则；如何根据缺牙类型来调用修复规则，并给出正确的评价和数量标准；如何用图形来表示推理产生的设计方案。

根据这些问题，将整个系统分为三个核心部分。用数学语言可抽象为动态数据库、静态数据库两个空间和一组映射。在动态数据库中存储输入的缺牙参数及中间推理结果。在静态数据库中存放局部义齿结构零件图，为推理最终结果所调用。映射则是一组局部义齿设计的推理规则。

2. 知识来源与分层　有关局部义齿设计的知识来源于教科书及有关专家的经验总结。将其分为下述四个层次。

领域级知识：主要包括领域内的概念和定义，概念之间的静态关系。如牙列缺损的概念、可摘局部义齿的概念等。

推理级知识：例如，牙列缺损后可用局部义齿来修复，而局部义齿修复中必然涉及人工牙、基牙、固位体等。这些关系是动态的，以推理结构的形式表示。但它没有指出对具体问题应该如何推理。

任务级知识：针对具体的问题指出应做什么推理，在一个已知的推理结构下一般有多个任务层。如，双侧下颌6缺失后可用下颌局部义齿修复，下颌局部义齿具有固位体，固位体应放在基牙上，应检查基牙是否适合放固位体等。

策略级知识：用来定义任务级知识应如何控制，包括计划和选择等。如双侧下颌4～6缺失后，在任务级知识中已推断出可选择双侧3、7共四个基牙。但根据修复经验还可对其作进一步的筹划，如根据基牙外形、缺牙间隙、对殆牙情况等，决定是否可减少或需增加固位体的数目及其位置。

3. 修复专家的思维模式与系统推理设计　修复专家对局部义齿的临床设计思维过程通常是根据有关局部可摘义齿设计的理论、原则和经验，采用排除法和平衡法来完成义齿的设计任务的。所谓排除法是指医生在检查过程中不断排除那些违反设计理论、原则和经验的设计方案。平衡法是指医生根据其知识对通过排除法保留下来的方案进行综合平衡，从而达到优化设计结果的目的。根据上述思维过程，系统采用演绎推理为主的推理方法。

4. 知识表达　以产生式规则表示有关局部可摘义齿设计的知识。例如，左下颌第一磨牙缺失时，局部可摘义齿设计规则可表示为：

IF　仅左下颌第一磨牙缺失

THEN　可用下颌 6 活动义齿修复

5. 开发环境　IBM PC/AT 机，在操作系统 DOS 3.1 下用 Quick Basic 4.0 编程。

（三）系统结构与功能

系统采用模块化程序设计方法，系统的基本结构由输入/输出模块、策略控制模块、推理模块、图形数据库、结果显示等五个主要模块组成。

输入/输出模块（I/O）：由菜单提供三种牙齿缺失信息输入方式选择（上颌、下颌、上下颌）。每种选择均有图形及文字提示，并采用国际通用的牙位记录格式。

策略控制模块：采用一种与 Kennedy 分类法不尽相同的分类方法。该法能明确指出缺牙的部位及相应的局部义齿结构中所必需的结构要素及其数量、方向、位置，共六类。其功能在于从原始输入数据中派生、衍化出内容更加丰富的相关伴随信息，以增加系统的策略，并控制新产生的数据流进入相应的推理模块，提高系统的工作效率。

推理模块：利用知识库中以规则形式表示的局部可摘义齿设计知识，按一定的控制搜索策略对问题进行求解。按系统的分类结果，该模块中含有 6 个并行的推理子模块。

图形数据库：用于存放各种人工牙、固位体、连接杆、基托等义齿零部件的图形、数据，供显示模块调用。

图形显示模块：用来接受推理模块的出口数据，包括基牙的位置与数量，固位体的形式与数量、位置、方向，连接体的形式与位置，基托的位置与伸展范围等，并在屏幕上按制作工艺顺序来显示临床设计单及义齿成品图。

（魏世成　李万山）

第八章 国际互联网与口腔医学

第一节 Internet基础

一、Internet的含义及特点

Internet是世界上最大的互联网络，它本身不是一种具体的物理网络技术，而是把全世界各个地方已有的网络如计算机网、数据通信网、公用电话交换网等互联起来组成的一个跨越国界范围的庞大的互联网。从网络互联、网络通信、网络提供信息资源及网络管理等不同角度，Internet网具有不同的含义。从网络互联的角度，Internet网是由成千上万个具有特殊功能的专用计算机（称为路由器或网关）通过各种通信线路，把分散在各地的网络在物理上连接起来。从网络通信的角度，Internet网是一个用TCP/IP协议把各个国家、各个部门、各种机构的内部网络连接起来的超级数据通信网。从提供信息资源角度，Internet是一个集各个部门、各个领域内各种信息资源为一体的超级资源网。用户上网即可通过各种工具访问所有信息资源，查询各种信息库、数据库，获取所需的各种信息资料。从网络管理角度，Internet网是一个不受任何政府或组织管理和控制而包含成千上万相互协作的组织和网络的集合体。连入Internet网的任何一个网络成员都会承担对网络的管理及支付费用，友好地进行数据传输、资源共享及遵守TCP/IP协议。概括上述，Internet网的核心是TCP/IP协议；Internet网实现了与公用电话交换网的互联，用户通过电话线利用数据机即可连入Internet网；Internet网是用户自己的网络，网上的各项服务及功能均由用户自己开发、经营和管理。

二、Internet连入

（一）连入Internet的技术基础

1．协议　Internet通过其制定的一系列标准协议使不同类型的计算机及不同种类操作系统互相连接并实现数据的交换。但是，无论是在家里的PC机或在临床的服务器要实现通讯交换数据必须都支持同样的协议。这些协议包括低层的TCP/IP协议和高层的HTTP协议等。

（1）IP协议：IP（internet protocol）协议是实现信息交换的最基本协议，其主要功能为无连接数据报（包，packets）传送（向TCP协议所在的传输层提供数据报）、数据报路由选择及差错处理。它以数据报（包）形式在无直接连接的两台计算机之间传输数据。数据包通过一系列的节点才能传输到目的地，而每一个数据包传输到目标计算机的路径不是预先确定的。网桥（routers，路由器）则在指定的时间内负责确定信息数据包传输的最佳路径，而这些网桥是专责寻找目标计算机IP地址、确定最优化传输路径的特殊计算机。

（2）TCP协议：TCP（transmission control protocol）协议位于传输层，它是面向连接的具有高可靠性的协议。其主要功能是帮助实现数据的可靠传输、自动重发。它通过自动检测在传输过程中丢失或改变的数据报，检测到达目的地的数据报并将其按原来的顺序排列起来，检测并丢弃重复的数据报等机制，解决IP协议未能解决的数据报丢失、顺序传递等问题。采用超时重复机制实现数据的自动重发功能。由于数据报的传输经过多个卫星节点或基于地面的连接，传输过程中会出现错误，虽然出错的机会很小，而且TCP可自动修复错误，但是一旦错误纠正失败，则会请求重新传输数据报。

（3）SMTP/POP及IMAP协议：SMTP（simple mail transfer protocol）协议是电子邮件传输协议，它传输E-Mail给终端用户。POP（post office protocol）协议则是电子邮件接收协议，它将信息（邮件）由中央邮件服务器传送到客户计算机，POP不支持在服务器上对邮件进行管理等操作。IMAP（internet mail access protocol）是一个较新的邮件传输协议，它允许在中央服务器上对邮件进行储存和管理。它与POP协议的主要区别在于它允许所有的信息储存于服务器上而无需下载于客户计算机上。如此，用户可在任何地方通过连入Inter-

net 找到旧邮件。

(4) NNTP 协议：NNTP (network news transfer protocol) 协议是 Internet 新闻组新闻传输的一个通用传输协议。NNTP 整合于网络新闻阅读程序中，而且对用户是透明的。它决定信息如何传递到新闻组，又如何复制到远程计算机。

(5) HTTP 协议：HTTP (hypertext transmission protocol) 协议是用于网页传输的协议。

(6) FTP 协议：FTP (file transfer protocol) 协议是用于连接于 Internet 网的两台计算机之间传输文件的协议。FTP 协议可传输文本及双字节信息。计算机软件常常是以双字节形式储存的，因此 FTP 协议也可传输计算机程序。

(7) SLIP/PPP 协议：SLIP (serial line internet protocol) 是数据机或 ISDN 与 Internet 连接的基础协议。它实现通过电话线传输的 Internet 协议。PPP (point-to-point protocol) 则是 SLIP 协议的发展，其传输更可靠、更快。

2. Internet 地址与域名系统　Internet 采用全局通用的地址格式为全网的每一个网络和每一台主机分配一个 Internet 地址，并通过 IP 协议屏蔽物理网络地址的差异，即把主机原来的物理地址隐藏起来，在网际网层中使用统一的 IP 地址。而 IP 协议提供一种全网统一的地址格式，因此 Internet 地址又可称为 IP 地址。然而，在 TCP/IP 协议中，IP 地址是以二进制数字出现的，尽管 Internet 管理委员会采用一种“点分十进制”表示方法表示 IP 地址以便用户阅读和理解，仍不够直观易记，Internet 便在 IP 地址的基础上，提供一种面向用户的、更高级的地址形式——字符式主机命名机制，即域名系统。

(1) IP 地址：IP 地址由网络号和主机号两部分组成，含 32 比特信息。根据网络规模的大小，Internet 管理委员会将 IP 地址分为 A、B、C、D、E 五种类型，并用“点分十进制”方法表示。IP 地址的分配与回收等管理由 AT&T 拥有和控制的最高管理机构“Internet 网络信息中心”InterNIC (internet network information center) 专责完成，它主要向提出 IP 地址申请的组织分配网络地址，各组织再在其网络内部分配各主机号。这种层次型的地址结构使每一台主机拥有唯一的 IP 地址，从而使全世界各地的网络通过唯一的 IP 地址彼此联系。

(2) 域名系统：由于 IP 地址用数字表示，难于理解和记忆，TCP/IP 协议为此专门设计一种字符型主机命名机制，提供一种由解析器和域名服务器组成的域名系统 (domain name system, DNS)，为每一台主机定义一个由字符串组成的有规律的名字。DNS 也是一种层次型结构命名机制系统，它除了为一般用户提供一种直观、易记有规律的主机名，并建立一种主机名与 IP 地址之间的映射关系外，还能完成咨询主机各种信息的工作。DNS 实际上是一个采用客户机/服务器模式的分布式主机信息数据库。一个完整而通用的层次型主机名由本地名、组名、网点名三部分组成，有时主机的本地名部分可能是一个具体的机构或网络，此时主机名可表示为：主机名、本地名、组名、网点名，如美国耶鲁大学计算机科学系的一台计算机的名字是：bulldog.cs.yale.edu。另外，为保证 DNS 的通用性，Internet 制定了一组正式的通用标准代码作为一级域名，如商业组织的一级域名代码为 com，教育机构为 edu，政府部门为 gov，军事部门为 mil、美国为 us，中国为 cn，中国香港为 hk。

(二) Internet 连入基本方法

1. 连入方式　连入 Internet 的方法可分为专线连接、微机局域网连接、无线连接及电话拨号连接四大类。其中，拨号连接是目前最常用、最简单的连入 Internet 方式，用户可利用现成的电话线路，通过数据机（又称 Modem）采用直接拨号方式将自己的计算机连入 Internet，并与已连入 Internet 的主机连接起来，实现对 Internet 上信息资源的访问。在直接拨号连入 Internet 的连接中，根据访问方式的不同可分为终端仿真访问和 TCP/IP 协议访问两种方式。TCP/IP 访问方式较终端仿真访问方式灵活方便，TCP/IP 方式是利用 TCP/IP 协议实现与主机通信的，它作为一台独立的计算机所有的应用程序均在其上运行，而终端仿真访问方式是利用通信软件实现，它只作为一个远程终端，所有的应用程序都在登录的主机上运行。因此，电话拨号方式下的 TCP/IP 协议访问方式是普通用户最常用的连入 Internet 基本方法。

2. 连入 Internet 所需的软、硬件　采用 TCP/IP 协议访问直接电话拨号方式上网连入 Internet 所需的硬件除一台计算机外，还需一个数据机 Mo-

dem 及一条电话线；而所需的软件包括 TCP/IP 驱动软件、SLIP/PPP 拨号连接软件及提供访问 Internet 的应用软件如 WWW 浏览器软件 Netscape、IE 等。

3. Internet 服务提供者 ISP ISP（internet service provider）即 Internet 服务提供者，它是最终用户进入 Internet 的入口和桥梁，ISP 为用户提供进入 Internet 极其友好和简便的操作界面及良好的支援服务。

三、Internet 基本功能及其医学意义

（一）电子邮件

1. 电子邮件的基本功能 电子邮件是利用计算机网络交换电子媒体信件的一种通信方式，是 Internet 最基本、使用最多、最受欢迎的一种服务。在 Internet 上电子邮件的传送过程是通过简单电子邮件传送协议 SMTP 完成的。与传统通讯方式相比，电子邮件具有简便快捷又非实时性、省钱、通信者位置保密等特点。其基本功能除作为信件交换工具外，还可用于传输文件、图形、图像和语音信息等，还可通过电子邮件开展各种专题讨论、电子论坛及信资源查询等。

2. 电子邮件的医学意义 对个人及牙科医疗信息的交换利用电子邮件是一种快速有效的方法，这种信息传递的方式在临床和科研领域具有特别重要的意义。它还有一个重要的功能是在远程医疗中可连接临床医生或牙医。

（二）文件传输

1. 文件传输的基本功能 文件传输是 Internet 的一项重要功能，它是依靠文件传输协议（File Transfer Protocol, FTP）软件来完成的。文件传输也是采用客户机/服务器工作模式，用户端需要在自己的本地计算机上安装 FTP 客户程序，才能获取远地 FTP 服务器提供的服务。与 WWW 相比，FTP 方式更偏重于技术信息的发布和查询，只需将文件上载到 FTP 服务器便可实现信息共享。FTP 有在字符界面和图形界面两种应用形式。Win95 或 Win98 下的 \ftp.exe 是基于字符界面的客户程序，而 WS-FTP、Cute-FTP 则属于基于图形界面的客户程序。另外，FTP 还提供超大文件传输和匿名传输等服务，而且匿名传输已成为目前最常用的传输方式。

2. 文件传输的医学意义 FPT 服务允许从世界各地连入所选择的信息资源而无需特殊的用户名和密码，如可进入在日内瓦的世界卫生组织（WHO）数据库。因此可以无须事先获得允许而从这些数据库中拷贝文件到本地硬碟。机密信息的传输需要特别的鉴定和用户授权，例如在一个多中心研究的参与者之间的临床数据的传输应该只由获得授权的个人所得。在这种情况下每一个用户都需要在服务器上有一个账号。在科学研究中，这种连接机制的建立是提供必需的通讯基础建设的一个常见步骤。另外在信息的鉴定和授权过程中，信息将被编译成密码以保证绝对的机密。

（三）新闻组

1. 新闻组的基本功能 新闻组（newsgroup）是一种通过 Internet 交换公众信息的系统，它属于一种电子公告栏（BBS），可于个人和新闻组公告栏之间传递文章或消息，注重问题讨论和发表短小意见。新闻组系统由新闻、新闻组、新闻阅读软件和新闻组服务器组成。用户可以根据自己的爱好选择接收、阅读他人发送于新闻组上的信息，也可将自己的信息发送到新闻组上供他人阅读。新闻组系统可将收到的信息进行分类整理，并根据不同的内容将其归类成不同的专题讨论小组。

2. 新闻组的医学意义 新闻组 sci. med. dentistry 提供牙医学专业的信息。某些新闻组如 alt.support.jaw-disorders 对（颞下颌关节紊乱症患者）较少的人群提供特殊题目。参与者常常通过新闻组讨论科学问题或新的治疗方法。由于公众可参加这些新闻组讨论，大部分的问题是由患者或其家属提出的，因此讨论的水准适合患者教育或个别辅导。Internet 上由更接近专业组成的讨论表提供较高水平的专业讨论。新闻组同样也可传播学术会议信息，包括内容、地点、日期、组织、最后日期等会议的通知。

（四）WWW 系统

1. WWW（world wide web）系统的基本功能 WWW 是一种分布式多媒体超文本系统，它是 Internet、超文本和多媒体相结合的产物，它可把全世界任何地方与 Internet 连接的计算机信息有机地结合起来，是目前在 Internet 上搜寻信息资源的最先进方法。其基本功能是提供高级信息浏览服务，

使用户可以交互方式查询并访问远程计算机上的信息、获取存放于某台远程计算机上的信息，播放其上的声音、视像文件，显示来自某台远程计算机上的文本、图形和图像，并对多种信息及其检索提供一种单独和一致的访问机制。WWW 信息浏览功能是通过 WWW 浏览器读取以超级文本标记语言（hyper text markup language，HTML）编辑，以超文本、超媒体形式及技术体现文字、图形、图像、声音、视像等信息并对不同信息来源加以连接的网页方式实现的。目前最成功的网页浏览器是 Netscape Navigator 和 Internet Explorer。

2. WWW 系统的医学意义　WWW 已成为医学信息的重要信息资源库和传播手段。它不仅提供大量的现代医学信息，而且提供丰富的患者信息和教育资源。在 WWW 上医学图像数据库得到快速发展，病例研究包含文本、图像、图形和影像。个人化的继续教育和科学研究获得网页和数据库支持。高级搜索系统有助于连人相关的信息。从目前的发展趋势来看，未来任何类型的研究均会包含通过Internet 的信息传输。由于其易使用性及传输不同类型信息的能力，WWW 将成为医疗健康以及口腔医疗信息的主要储存和传播方式。

（五）远程登陆

1. 远程登陆的基本功能　远程登陆是指用户可以在自己本地的终端或个人计算机上通过 Internet 与另一个地方的主机系统进行交互。在登陆成功之后，本地用户就可以像远地计算机系统的用户一样，在权限范围内对远地计算机系统进行操作，共享系统中的各种资源。远程登陆服务的基础是 Telnet 协议，远程登陆在 Internet 上最常用的电子公告栏 BBS。远程登陆的基本功能包括方便用户查询各种资料，允许用户充分利用 Internet 上的各种资源如使用远地大型计算机及共享大型软件。

2. 远程登陆的医学意义　利用远程登陆可以方便查询远地医科大学或医学研究机构建立的通过网络公开的储存于计算机上的丰富医学图书资料；便于在在线医学图书目录中查找杂志文献和书籍。同时还可利用其它科研机构的大型计算机或大型软件于医学研究工作。

第二节　Internet 技术口腔医学应用

一、口腔医学网上信息资源

（一）口腔医学专业学会及协会

全世界有众多的口腔医学专业学会和协会，有关学会或协会的信息可通过 Internet 向全世界发布，口腔医学专业人员及有关人员可通过学会或协会建立的网页查询获得有关学会或协会的信息。最早建立网站网页的口腔医学学会或协会主要有美国牙医协会（American Dental Association，ADA）、美国牙周病学会（American Academy of Periodontology，AAP）及中华牙医学会等。目前已上网的中文的口腔医学学会或协会网页主要有台北市牙医师公会、台中市牙医师公会、香港牙医学会、中华民国齿颚矫正学会、中华民国儿童牙科医学会、中华民国牙医师公会全国联合会、中华牙医学会等。

1. 美国牙医协会　美国牙医协会于 1995 年建立网页。其主页除提供牙医学新闻、牙医学产品及服务信息、牙医学专业信息及患者信息外，还提供美国牙医协会杂志论文摘要，并有一个非常简易的文献的检索功能。主页还提供一个简单的 MEDLINE 搜索器。主页网址是 http://www.ada.org/。

2. 中华牙医学会　网址 http://www.adsroc.org.tw。提供口腔医学资讯，传递有关牙科医疗器材、药品和其它方面的新知。

（二）口腔医学在线杂志

1. 临床儿童牙医学杂志　临床儿童牙医学杂志提供临床文章和病例报告样本，无须注册，文章以 Internet 上常见的文件交换格式 PDF（Portable Document Format）储存。PDF 文件的显示需要特殊的读者软件或插件。网址为 http://www.pediatricdentistry.com。

2. 颅　CRANIO 主要报道颞下颌关节疾病和紊乱症。该杂志为牙医学及医学领域的读者提供先进的科学和临床信息。目前在线版本只提供文章摘要。网页还提供事件日程、文件记录及一个整合的搜索器。网址为：http://www.cranio.com。

（三）口腔医学院校

随着 Internet 的广泛应用，大学网页已成为学校向社会公众、患者、校友、学生等发布信息的最基本的主要形式之一。国内外有关的大专院校均已建立了自己的网页。目前国外大多数牙医学院已在 WWW 上提供较详细的牙医学院有关信息。国内尚未见有关的口腔医学院系建立网站，仅有部分网页介绍，且信息不全。

1. 佛罗里达大学牙医学院 佛罗里达大学牙医学院网页分别向牙医、牙科助理和卫生人员、患者、牙科学生提供信息服务。继续教育课程列表提供学校开设课程的概貌。在向私人牙医提供的服务部分包括诊断病理学、口腔内科临床、口腔肿瘤临床、放射学咨询、消毒控制及咨询服务。教职人员研究兴趣列于另一网页。消费者信息部分提供学院牙科护理的简短描述、患者如何就诊及提供哪些服务等。学生信息部分包括学生公告、口腔生物学 PhD 课程介绍、学院学生组织概况等。网址是 http://www.dental.ufl.edu。

2. Temple 大学牙医学院 Temple 大学牙医学院网页全面详细地介绍了牙医学院有关的信息。主要内容包括新闻、专业学系、一般信息、入学信息、继续教育、高级教育、地址信息及 Internet 地址等。其中，一般信息介绍包括牙医学院、学生信息、目的及患者信息手册；入学信息包括入学要求、牙科程序、费用等；继续教育及高级教育包括在线课程、继续教育课程及高级教育部门介绍等；专业设置有口腔内科学、牙医学信息学、牙修复学、口腔颌面外科学、正牙学等八个专业。网址是 http://www.temple.edu/dentistry//。

（四）口腔医学临床

在国外、台湾及香港已有较多的牙科或口腔医疗单位或诊所建立网页在 Internet 上宣传介绍其有关情况，包括服务信息、病例报告、口腔科谱知识介绍及有关医生、诊所或医院的简介等。较早建立的较成功的网页有 Mark T. Weiser 牙医学博士的网页（http://www. d-b. com/dentists/Dr-Weiser/）、Federico Grosso 医生的网页。国内仅见长沙市口腔医院及广州天德口腔诊所（http://fastfreewebs. com/top/tiande/）的网页，且不完善。

二、口腔医学在线服务

医学领域知识发展非常迅速，数年之内某些医学知识会过时，而某些新的医学知识又会出现，因此医学知识会而且需要不断更新。口腔医学领域的知识也毫不例外，新的知识、技术、产品将不断出现和更新。传统的以纸为载体的知识保存方式显然不能满足不断更新知识的要求。快速、经济、方便的 Internet 技术的出现和广泛应用显示出在传播信息方面的优越性，特别是对需要不断更新的医学知识更具有特别重要的意义和价值。目前已有数种利用 Internet 技术和数据库技术，特别为医生及健康专业技术人员设计的在线服务出现，包括在线杂志、继续教育、临床公开讨论及医疗产品目录等。其中已建立的与口腔医学有关的在线服务项目有 P&G 公司的牙科资源网、牙科购物场，以及德国的健康在线服务、美国的医生在线等。

（一）P&G 牙科资源网

P&G 牙科资源网（Procter & Gamble Dental Resource Net）建立于 1997 年初，面向牙医学领域专业技术人员提供免费在线牙医学资源信息服务，主要提供牙医学领域中有关口腔健康、发展趋势及广告信息，以及参考资料、诊所管理及 P&G 公司产品信息等。主要资源项目有患者教育、在线图书资料、继续教育、临床管理。患者教育部分提供包括从牙菌斑控制到牙种植等 12 个教育内容，用图解形式解释。在线图书资料部分提供免费连入生物医学文献数据库 MEDLINE 系统的功能，其搜索界面允许用户选择 MEDLINE 数据管理，输入由和（and）/或（or）连接的多个关键词或术语进行文献资料检索。在线继续教育课程为牙医提供牙周病的免疫和炎症、牙周早期探测系统等题目，计划未来将提供 20 余个继续教育课程。每一个课程均包括概况、学习目的、内容、测试及附加阅读资料等。测试在网上完成，测试合格则提供继续教育证书。临床管理部分提供一系列短小的关于临床管理的文章。网址为 http://www. dentalcare. com。

（二）牙科产品购物场

为最大的牙科产品在线数据库。输入 Email 地址经过简单的注册之后即刻进入。该网页提供不同牙科产品制造商的广告、专家办公时间、共享软件、交谈室、讨论场等内容。专家办公时间允许访问者直接向专家提问，专家的回答显示于信箱中。该网页提供的产品数据库包含 3M Corp.、A-dec、Bausch、ESPE、Fulldent、Ivoclar-Vivadent 等公司

的产品信息。网址为 http: //www. dentalshop. com。

（三）Dental X Change

Dental X Change 专为牙医和牙科工业设计，提供牙医学完整的知识资源。该网页需要注册才能连入。网址为 http: //www. dentalexchange. com。

三、口腔医学在线教育

在线教育的开展已成为现实。在线教育可实现教育资源的共享，节省受教育者的时间和金钱，将有限的教学空间扩展至无限的网上环境。在口腔医学领域，口腔医学在线教育开发主要集中在临床牙医的继续教育方面。美国 Temple 大学牙医学院于1996年建立了第一个为牙科医生提供的，通过 Internet 的网上继续教育课程"计算机在牙医学领域的应用"。全球任何人在任何地方、任何时候均可通过 Internet 连入参加该继续教育课程。其主要内容包括 Internet 网上牙医学、计算机基础、Internet 基础、临床管理系统、无纸化诊所、在线信息资源、决策支持系统、数字化成像、临床表格程序、网页建立、简报设计。在此继续教育课程基础上，Temple 大学牙医学院计划继续发展其在线继续教育课程。目前牙周病学、放射学课程正在建立过程中。未来的目标是建立一个完整的牙医学课程电子版本。电子版本将包括教材资料、测验、课程手册及临床和放射学图像。在毕业以后，学生将得到一张含有所有指导材料、病例及个人经验的 CD 光盘。Temple 大学牙医学院在线继续教育课程"计算机在牙医学领域中的应用"的网址是 http: //www. temple. edu/dentistry/di/ce/。

另外，有一些口腔医学信息资源网上也建立提供了一些继续教育课程，如 P&G 牙科资源网建立有为牙科医生设计的在线继续教育课程；密西根大学牙医学院牙医学信息学系和牙医学公共卫生学系建立有免费的牙医学继续教育课程，网址是 http: //informatics. dent. umich. edu。

第三节 发展前景

国际互联网技术仍在不断发展，新的技术将不断出现和被应用。口腔医学信息资源的开发与应用也将随之不断发展。中文版的口腔医学网上资源系统的开发与利用是一个应该重视的发展方向。相信中文化的口腔医学网上资源在不久的将来会得到迅速发展。随着口腔医学网上教学资源的进一步开发，学生可通过互联网获取信息和获得知识，这将导致传统的课堂教学方式被自由的、个人化的网上教学方式所取代，虚拟的网上牙医学院将会在不久的将来出现在人们面前。在网上出版物发展方面，在其标准化问题解决之后，口腔医学数字化出版物将会在网上得到发展。另外，在数据的安全与保密问题解决之后将使患者数据资料的网上传递安全可靠，从而确保远程医疗的有效性，透过 Internet 的远程医疗将得到前所未有的发展。

（魏世成 贺 周）

参 考 文 献

1. Abbey LM, Zimmerman JL. Dental Informatics integrating technology into the dental environment. New York: Springs-Verlag, 1992
2. T Schleyer, H Spallek, G Spallek. The Global Village of Dentistry-internet, intranet, Online Services for Dental Professionals. Quintessence Publishing Co, Inc, 1998
3. Titus K L Schleyer. How should Dental Informatics Evolve? Journal of Denta. Education, 1996, 60 (3)
4. John J. Salley. The National and International Dimensions of Dental Informatics, Journal of Dental Education, 54 (10), 1990
5. J H van Bemmel, M A Musen. Handbook of Medical Informatics. Bohn Stafleu Van Loghum, 1997
6. 张效祥主编. 计算机科学技术百科全书. 北京：清华大学出版社, 1998
7. 周新伦，柳健，刘志华编. 数字图象处理. 北京：国防工业出版社，1986
8. 王翰章，魏世成. 医药信息学及其在口腔颌面外科的应用概况. 中国口腔医学年鉴 1992 卷. 北京：人民卫生出版社，1994. 288～291
9. 魏世成，王翰章. 颞颌关节紊乱综合征专家系统的设计与实现. 华西口腔医学杂志，1990，8 (3):216～219
10. 吕培军，李国征，等. 计算机辅助可摘局部义齿设计的专家系统. 中华口腔医学杂志，1993，28 (1):9～11
11. 韩科，陆汝钤，等. 人类恒牙的计算机三微建模，中华口腔医学杂志，1998，33 (2):94～96
12. 傅民魁，张震康，等. X线头影图像计算机测量分析系统. 中华口腔医学杂志，1992，27 (6):354～355

13. 邓雨萌，傅民魁，何旸．接触点计算机图像分析系统．中华口腔医学杂志，1994，29(2):108～111
14. 胡静，王大章，黄毅．计算机辅助正位头影测量诊断及正颌外科设计．口腔颌面外科杂志，1993，3(3):132～135
15. 柯杰，林珠，赵桂芝等．用图象法实现模型的三微测量及诊断、矫治设计 CAD 系统．实用口腔医学杂志，1995，11(3):207～208
16. 虚拟现实系统．国外医学口腔医学分册．1997，24(6):363～365
17. 刘继光，王惠芸．计算机图像分析系统对咬合接触的研究．国外医学口腔医学分册，1997，21(3):129～132
18. 石冰，邓典智，刘果生等．单侧唇裂数据库的建立与应用．华西口腔医学杂志，1992，10(2):136～138
19. 石冰，邓典智，刘果生等．计算机辅助单侧唇裂绘图、测量及评价系统的研究．华西口腔医学杂志，1992，10(2):133～135
20. 魏继周、廖兴祥．医学信息计算机方法．长春：吉林科学技术出版社
21. 罗奕，王光和，马莲等．腭裂术前后鼻音化数值和图型的比较研究．中华口腔医学杂志，1993，28(3):143
22. 王大章，胡林．颅颌面三微形态的研究及其临床应用．中国口腔医学年鉴 1992 卷，北京：人民卫生出版社，1994．344～347
23. 于海洋，杜传诗，郑弟泽．口腔计算机辅助设计和制作系统的现状与展望．国外医学口腔医学分册，1996，23(1):31～34
24. 华先明，程祥荣，华中平．计算机辅助义齿设计．国外医学口腔医学分册，1996，24(5):259～262
25. 何玉林，陈必胜．计算机辅助设计与制作陶瓷修复体．中华口腔医学杂志，1994，29(4):237
26. 胡林、王大章等．计算机化莫尔等高条纹对颜面形态的三微测量分析．华西口腔医学杂志，1988，6(1):13～17
27. 冉冬菊、希杨，田玉兔．微机在口腔医院门诊病历管理中的应用．中国口腔医学信息，1995，4(2):45～47
28. 魏世成．计算机科学与未来口腔医学．中国口腔医学信息．1994，3(5):127～129
29. 魏世成．计算机科学与口腔医学．中国口腔医学信息，1994，3(2～3):64～65
30. 胡静，王大章．100 名正常殆成都汉族成人颅颌面结构的计算机 X 线头影测量研究．临床口腔医学杂志，1991，7(3):149～152
31. 陈钢，胡永升，张继庆等．颌骨病变的单光子发射计算机断层骨显像同 X 光和 B 超显像的比较．实用口腔医学杂志，1992．8(3):144～146
32. 雷荀灌，王毅，孙岩．计算机伪彩色图象处理颌面部 X 线片的分析研究．华西口腔医学杂志，1989．7(4):201～203
33. 陈效文，黄远亮，石莹等．体层超声声象图数字图象处理诊断面颈部肿块．实用口腔医学杂志，1991，7(3):155～157
34. 刘洪臣，刘宇，吴高洪等．颞颌关节 CT 图像计算机三维重建方法的探讨．现代口腔医学杂志，1995，9(1):17～19
35. 叶少波，沈文微、杨宠莹等．计算机语音信号处理系统用于全口义齿修复的语音分析．口腔材料器械杂志，1995，4(1):3～4
36. 赖红昌，张保卫，余强等．颌骨 CT 扫描用于种植义齿术前检查的初步研究．中华口腔医学杂志，1997，32(5):268
37. 朱敏，蔡中，张富英等．颅颌面骨骼三维分析系统的研究．口腔颌面外科杂志，1998．8(1):15～19
38. 张晓，王兴，张震康等．正颌外科计算机辅助诊断、模拟手术及面像预测系统准确性研究．中华口腔医学杂志，1998．33(1):6～9
39. 胡林，詹淑仪，王大章等．生物立体测量在诊治牙颌面畸形的应用研究．华西口腔医学杂志，1988，6(3):159～163
40. 饶跃，罗松椒．恒牙列最佳正常殆牙弓外形特征的计算机辅助测量研究．华西口腔医学杂志，1993，11(4):248～251
41. 魏世成，王翰章，张一立等．多模分级医学专家系统知识库设计与实现．大自然探索，1990，9(3):71～75